



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599

DESAIN MODIFIKASI PERENCANAAN RUMAH SAKIT KIDNEY CENTRE MENGGUNAKAN METODE PRACETAK

**DARDA ABDURAHMAN FAIZI
NRP 3113 041 068**

**Dosen Pembimbing
Ir. Boedi Wibowo, CES
NIP . 19530424 198203 1 002
Afif Navir Refani, ST. MT
NIP . 19840919 201504 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV INFRASTRUKUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599

DESAIN MODIFIKASI PERENCANAAN RUMAH SAKIT KIDNEY CENTRE MENGGUNAKAN METODE PRACETAK

**DARDA ABDURAHMAN FAIZI
NRP 3113 041 068**

**Dosen Pembimbing
Ir. Boedi Wibowo, CES
NIP . 19530424 198203 1 002
Afif Navir Refani, ST. MT
NIP . 19840919 201504 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT APPLIED - RC146599

STRUCTURAL DESIGN MODIFICATION OF KIDNEY CENTRE HOSPITAL WITH PRECAST METHOD

DARDA ABDURAHMAN FAIZI
NRP 3113 041 068

SUPERVISOR
Ir. Boedi Wibowo, CES
NIP . 19530424 198203 1 002
Afif Navir Refani, ST. MT
NIP . 19840919 201504 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



FINAL PROJECT APPLIED - RC146599

STRUCTURAL DESIGN MODIFICATION OF KIDNEY CENTRE HOSPITAL WITH PRECAST METHOD

**DARDA ABDURAHMAN FAIZI
NRP 3113 041 068**

**SUPERVISOR
Ir. Boedi Wibowo, CES
NIP . 19530424 198203 1002
Afif Navir Refani, ST. MT
NIP . 19840919 201504 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN


DESAIN MODIFIKASI PERENCANAAN RUMAH SAKIT KIDNEY CENTRE MENGGUNAKAN METODE PRACETAK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
Pada

Program Studi Diploma IV Infrastruktur Teknik Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :


Darda Abdurahman Faizi

NRP. 3113 041 068

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Ir. Boedi Wibowo, ST, MT
NIP. 19530424 198203 1002

Agif Navir Refani, ST, MT
NIP. 19840919 201504 1 001

31 AUG 2017

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir terapan dengan judul “**Desain Modifikasi Rumah Sakit Kidney Centre Menggunakan Metode Pracetak** “ sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan. Pada program Diploma IV Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyusunan proyek akhir terapan ini, penulis mendapatkan banyak doa, bantuan, dan dukungan moral serta materiil. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua serta keluarga yang tiada hentin memberikan doa dan semangat serta dukungan kepada penulis.
2. Bapak Ir. Boedi Wibowo CES & Bapak Afif Navir Revani ST, MT. Selaku dosen pembimbing
3. Teman-teman yang telah membantu dan mendukung penyelesaian tugas akhir ini

Penulis menyadari dalam penyusunan dan penulisan tuas akhir ini tak lepas dari banyak kesalahan. Oleh karenanya penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan selanjutnya.

Akhir kata, besar harapan penulis semoga laporan proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DESAIN MODIFIKASI RUMAH SAKIT KIDNEY CENTRE MENGUNAKAN METODE PRACETAK

Nama Mahasiswa : Darda Abdurahman Faizi
NRP : 3113 041 068
Jurusan : Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil
FV - ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Boedi Wibowo, CES.
Afif Navir Revani, ST.MT

Abstrak

Proyek Desain Rumah Sakit Kidney Centre merupakan salah satu bagian pembangunan Rumah Sakit yang terletak di Jalan Mayjen Prof dr.Meostopo No. 6-8 Surabaya dengan menggunakan metode pembangunan cast in situ. Pada proyek tugas akhir terapan ini, akan dibuat dengan menggunakan metode pracetak pada elemen struktur sekunder yaitu balok anak dan plat serta elemen primer yaitu balok induk. Modifikasi juga dilakukan pada jumlah lantai yaitu dengan melakukan penambahani menjadi 8 lantai. Dalam mendesain elemen struktur pracetak, mengacu pada peraturan SNI 783: 2013 dan PCI Design Handbook Edition 7th Precast and Prestress Concrete. Dari data perencanaan yang ada, dilakukan preliminary desain dimensi serta tebal elemen struktur. Selanjutnya, dilakukan perhitungan penulangan berdasarkan hasil gaya yang di dapat dari SAP 2000 serta pendesainan sambungan. Perencanaan akhir berupa metode pelaksanaan pengerjaan serta Rencana Anggaran Biaya item pekerjaan balok induk. Pendetailan penulangan akan dituangkan dalam bentuk gambar. Adapun hasil modifikasi yang didapatkan dari tugas akhir ini yaitu dimensi balok induk 400/700, balok anak 300/500, tebal plat 140, dan dimensi kolom

600/600. Sedangkan sambungan yang digunakan antara lain untuk sambungan plat-plat menggunakan sambungan menerus. Lalu untuk sambungan balok induk-kolom menggunakan sambungan menerus serta korbels, dan sambungan balok anak-balok induk menggunakan sambungan angkur. Selisih harga pengerjaan antara balok induk komposit dengan balok induk konvensional sebesar 19,13%.

Kata Kunci : *Monolit, Pracetak, SRPMK, Sambungan*

STRUCTURAL DESIGN MODIFICATION OF KIDNEY CENTRE HOSPITAL WITH PRECAST METHOD

Student : Darda Abdurahman Faizi
NRP : 3113 041 068
Department : Diploma IV Teknik Infratraktur Sipil
FV - ITS
Supervisor : Ir. Boedi Wibowo, CES.
Afif Navir Revani, ST.MT

Abstract

Kidney Centre Structure hospital project is one of the part of dr.Soetomo hospital construction in Jalan Mayjen Prof dr.Meostopo No. 6-8 Surabaya with cast in situ method. Therefore in the writing of this applied final project, will be used precast method on secondary strcutre elements ; supported beam, slab and for the primary structure; beam. Modification were also made on the floor of the building into 8 floor. Precast method design according to SNI 783: 2013 regulation and PCI Design Handbook Edition 7th Precast and Prestress Concrete. Based on existing data, will conducted preliminary design of the dimension and the thickness of structural elemnt, and than made calculation of rebar based on the result from SAP 2000, connection design. The last design was implemention method of the section ands draft budget from primary beam. Detail of the rebar will be poured in shop drawing. As for the result of the modification of this applied final project including the dimension of primary beam is 400/700, secondary beam is 300/500, thick slab is 140 mm, column dimension is 600/600. While the connection that getting used for slab to slab is lap splices, and than connection from primary beam to cloumn is lap splices

corbel, last connection from secondary beam into primary beam using anchor bolt connection. The price gap among precast method and in situ method on the primary beam is 19,13 %.

Kata Kunci : *Monolith, Precaast, SRPMK, Connection*

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
Abstrak.....	iii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.2 Tujuan.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Manfaat.....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Tinjauan Elemen Pracetak.....	7
2.2.1 Pelat.....	7
2.2.2 Balok.....	10
2.2.3 Kolom.....	12
2.3 Sambungan Beton Pracetak.....	13
2.4 Metode Sambungan.....	13
2.4.1 Sambungan Baut.....	13
2.4.2 Sambungan Cor Setempat.....	14
2.4.3 Sambungan Las.....	14
2.5 Jenis Sambungan Balok ke Kolom.....	16
2.5.1 Sambungan Billet.....	16

2.5.2	Sambungan Pelat.....	17
2.5.3	Sambungan Beton Corbel.....	17
2.6	Jenis Sambungan Plat ke Plat.....	18
2.6.1	Sambungan Loop.....	18
2.6.2	Sambungan Menerus.....	19
2.7	Titik-Titik Angkat dan Sokongan.....	20
2.7.1	Pengangkatan Elemen Pracetak.....	20
BAB III.....		23
METODOLOGI.....		23
3.2	Umum.....	23
3.3	Diagram Alir Perencanaan	23
3.3	Pencarian dan Pengumpulan Data	25
3.4	Pencarian Literatur	26
3.5	Pemilihan Kriteria Desain	27
3.6	Preliminary Desain Bangunan Atas.....	28
3.6.1	Pengaturan Denah.....	28
3.7	Penentuan Dimensi Elemen Struktur.....	28
3.7.1	Dimensi Pelat.....	28
3.7.3	Dimensi Balok.....	31
3.7.4	Dimensi Tangga.....	32
3.8	Permodelan Struktur.....	33
3.9	Pembebanan Struktur	34
3.9.1	Beban Statis.....	34
3.9.2	Beban Dinamis.....	36
3.10	Kombinasi Pembebanan	42

3.11	Perencanaan Penulangan	44
3.11.1	Penulangan Lentur Balok.....	44
3.11.2	Penulangan Geser Balok.....	45
3.11.3	Pehitungan Tulangan Susut Balok.....	46
3.11.4	Kontrol Torsi Balok.....	46
3.11.5	Penulangan Lentur Pelat.....	47
3.11.6	Pehitungan Tulangan Susut Plat.....	48
3.11.7	Perencanaan Tulangan Kolom.....	48
3.12	Perencanaan Sambungan.....	49
3.12.1	Desain geser ujung balok.....	49
3.12.2	Shallow recces.....	50
3.12.3	Deep recces.....	51
3.13	Desain Sambungan Balok-Kolom	51
3.13.1	Sambungan Konsol.....	51
3.14	Desain Sambungan Plat-Balok dan Plat-Plat	53
3.14.1	Sambungan Lap Splice.....	53
3.15	Desain Bangunan Bawah.....	54
3.15.1	Perencanaan Basement.....	54
3.16	Kontrol Elemen Pracetak.....	54
3.16.1	Kontrol Pengangkatan.....	54
3.16.2	Kontrol Penumpukan.....	55
3.16.3	Kontrol Pemasangan.....	56
3.16.4	Kontrol Pengecoran.....	56
BAB IV		57

PRELIMINARY DESAIN.....	57
4.1 Umum.....	57
4.2 Data Perencanaan	57
4.2.1 Pembebanan.....	57
4.3 Perencanaan Dimensi Balok.....	58
4.3.1 Dimensi Balok Induk dan Anak.....	58
4.4 Perencanaan Tebal Plat	59
4.4.1 Data Perencanaan Tebal Plat Lantai.....	60
4.5 Perencanaan Dimensi Kolom	61
4.5.1 Pembebanan 1 Lantai.....	61
BAB V.....	63
PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....	63
5.1 Perencanaan Pelat Pracetak	63
5.1.1 Penulangan Plat Pracetak.....	63
5.2 Perencanaan Plat Konvensional	84
5.3 Rekapitulasi Tulangan	87
5.4 Balok Anak.....	88
5.4.1 Rekapitulasi Tulangan.....	106
5.5 Perencanaan Balok Lift	107
4.12 Perencanaan Tangga.....	113
5.5.1 Perhitungan Pembebanan.....	115
5.5.2 Perhitungan Penulangan.....	121
5.5.3 Rekapitulasi Tulangan.....	132
BAB VI.....	133

PERMODELAN STRUKTUR.....	133
6.1 Perhitungan Berat Struktur	133
6.1.1 Berat Total Bangunan.....	133
6.2 Gempa Rencana.....	134
6.3 Arah Pembebanan.....	134
6.3.1 Parameter Respon Spektrum Rencana.....	135
6.3.2 Kombinasi Pembebanan.....	136
6.4 Kontrol Desain	137
6.4.1 Kontrol Partisipasi Massa.....	137
6.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental.....	139
6.4.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum.....	140
6.4.4 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (Drift)	142
6.5 Verifikasi Permodelan	145
BAB VII.....	149
PERHITUNGAN STRUKTUR UTAMA.....	149
7.1 Desain Penulangan Balok Induk	149
7.1.2 Balok Induk Sebelum Komposit.....	149
7.1.2 Balok Induk Setelah Komposit.....	153
7.3 Desain Penulangan Kolom	186
BAB VIII.....	197
PERENCANAAN SAMBUNGAN.....	197
8.1 Umum.....	197
8.2 Perencanaan Sambungan Balok Kolom	197
8.2.1 Hubungan Balok Kolom.....	197
8.2.2 Perencanaan Konsol Pada Balok Induk.....	200

8.2.3	Perencanaan Konsol Pada Kolom.....	203
BAB IX.....		207
RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB).....		207
9.1	Umum.....	207
9.1.1	Rincian Item Pekerjaan.....	207
9.1.2	Volume Item Pekerjaan.....	208
9.1.3	Analisa Harga Satuan.....	209
9.1.4	RAB Item Pekerjaan.....	212
BAB X.....		215
METODE PELAKSANAAN.....		215
10.1	Umum.....	215
BAB XI.....		221
PENUTUP.....		221
11.1	Kesimpulan.....	221
11.2	Saran.....	222
DAFTAR PUSTAKA.....		223
LAMPIRAN.....		225
BIODATA PENULIS.....		227

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Denah Lantai Sebelum Modifikasi	2
Gambar 1. 2 Denah Lantai Setelah Modifikasi.....	3
Gambar 2. 1 Plat Hollow Core.....	8
Gambar 2. 2 Plat T	9
Gambar 2. 3 Plat Komposit.....	10
Gambar 2. 4 Balok Internal.....	11
Gambar 2. 5 Balok Eksternal	12
Gambar 2. 6 Sambungan Baut	14
Gambar 2. 7 Sambungan Las	15
Gambar 2. 8 Sambungan Billet.....	16
Gambar 2. 9 Sambungan Plat	17
Gambar 2. 10 Sambungan Korbel.....	18
Gambar 2. 11 Sambungan Loop	19
Gambar 2. 12 Sambungan Menerus.....	19
Gambar 2. 13 Pengangkatan 4 titik.....	20
Gambar 2. 14 Pengangkatan 8 titik.....	21
Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaana	24
Gambar 3. 2 Denah Setelah Modifikasi.....	28
Gambar 3. 3 Peta untuk SS	36
Gambar 3. 4 Peta untuk S1 (Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget(MCER).....	37
Gambar 3. 5 Diagram Alir Penulangan Lentur Balok.	44
Gambar 3. 6 Penulangan Lentur Plat.	47
Gambar 3. 7 Shallow Recess.	50
Gambar 3. 8 Deep Recess.	51
Gambar 3. 9 Sambungan Konsol	52

Gambar 3. 10 Contoh Pengangkatan.....	55
Gambar 3. 11 Contoh Penumpukan.....	55
Gambar 3. 12 Contoh Pemasangan.....	56
Gambar 3. 13 Contoh Pengecoran.....	56
Gambar 4. 1 Denah Pembalokan	58
Gambar 4. 2 Denah Plat.....	60
Gambar 5. 1 Plat Sebelum Komposit.....	66
Gambar 5. 2 Plat setelah komposit	69
Gambar 5. 3 Momen Pengangkatan.....	71
Gambar 5. 4 Plat saat pengangkatan.....	79
Gambar 5. 5 Plat saat penumpukan	80
Gambar 5. 6 Plat saat pemasangan	81
Gambar 5. 7 Denah Plat Konvensional.....	84
Gambar 5. 8 Balok Anak	88
Gambar 5. 9 Pembebanan Balok Anak.....	89
Gambar 5. 10 Pengangkatan Balok Anak.....	101
Gambar 5. 11 Tumpuan Plat ke Balok.....	105
Gambar 5. 12 Dimensi Lift.....	107
Gambar 5. 13 Pembebanan Balok Induk	109
Gambar 5. 14 Sketsa Tangga	114
Gambar 5. 15 Dimensi Tangga-Bordes	116
Gambar 5. 16 Free Body Diagram.....	118
Gambar 6. 1 Denah Kidney Centre Pracetak.....	133
Gambar 6. 2 Permodelan Struktur Kidney Centre	134
Gambar 7. 1 Tributari Area Pembebanan Balok Induk	149
Gambar 7. 2 Pembebanan Balok Induk	150

Gambar 7. 3 Moment interior kanan.....	155
Gambar 7. 4 Moment Interior Kiri.....	155
Gambar 7. 5 Moment Tengah Bentang.....	156
Gambar 7. 6 Gaya Geser (V2) Balok Induk	168
Gambar 7. 7 Gaya Axial Balok Induk	169
Gambar 7. 8 Luasan Torsi Balok	174
Gambar 7. 9 Gaya Geser Pada Balok.....	175
Gambar 7. 10 Gaya Torsi Pada Balok	175
Gambar 7. 11 Gaya Axial Kolom	186
Gambar 7. 12 Diagram Interaksi Kolom (Pcacol)	188
Gambar 7. 13 Gaya Geser Kolom.....	192
Gambar 7. 14 Denah Kolom di Desain	195
Gambar 8. 1 Gaya Geser Balok Anak.....	201
Gambar 8. 2 Gaya Geser Balok Induk	203
Gambar 9 1 Balok Induk Inverted T	208
Gambar 10. 1 Metpel section A	215
Gambar 10. 2 Alur Metode Pelaksanaan Section A	216
Gambar 10. 3 Pengerjaan Kolom.....	217
Gambar 10. 4 Instalasi Elemen	218
Gambar 10. 5 Pemasangan Sambungan.....	219
Gambar 10. 6 Pengecoran Topping	219

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Efektifitas Ketebalan Plat Beton.....	8
Tabel 3. 1	Tebal Minimum Plat atau Balok.....	30
Tabel 3. 2	Tabel Tebal Minimum Plat dan Balok.....	31
Tabel 3. 3	Kelas Situs Ss	37
Tabel 3. 4	Kelas Situs S1	37
Tabel 3. 5	Nilai Ct dan x (sumber: SNI 1726:2012 Tb. 15)	39
Tabel 3. 6	Nilai Cu (sumber: SNI 1726:2012 Tb. 14)	40
Tabel 5. 1	Tabel β_1	65
Tabel 5. 2	Rekapitulasi Tulangan Plat	87
Tabel 5. 3	Rekapitulasi Tulangan Balok Anak	106
Tabel 5. 4	Dimensi Lift.....	108
Tabel 5. 5	Tabel β_1	110
Tabel 5. 6	Distribusi Momen	117
Tabel 5. 7	Tabel β_1	121
Tabel 5. 8	Tabel β_1	127
Tabel 5. 9	Rekapitulasi Tulangan Tangga	132
Tabel 6. 1	Parameter Respon Spektrum.....	135
Tabel 6. 2	Partisipasi Massa SAP 2000	138
Tabel 6. 3	Periode SAP 2000.....	139
Tabel 6. 4	Berat Struktur	141
Tabel 6. 5	Nilai Base Shear	141
Tabel 6. 6	Simpangan	143
Tabel 6. 7	Gempa arah X, Simpangan arah X	144
Tabel 6. 8	Gempa arah X, Simpangan arah Y	144
Tabel 6. 9	Gempa arah Y, Simpangan arah Y	145
Tabel 6. 10	Berat Bangunan	145

Tabel 7. 1 Tabel β_1	153
Tabel 7. 2 Rekapitulasi Momen	156
Tabel 7. 3 Tulangan As.....	157
Tabel 7. 4 Tulangan As.....	160
Tabel 7. 5 Tulangan As.....	164
Tabel 7. 6 Momen Balok Akibat Kombinasi Gempa dan Gravitasi	168
Tabel 7. 7 Gaya Geser di Muka Kolom Int kiri & Kanan.....	170
Tabel 7. 8 As Tulangan.....	172
Tabel 7. 9 As Tulangan.....	173
Tabel 7. 10 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk	185
Tabel 7. 11 As Tulangan.....	187
Tabel 7. 12 Gaya Pada Kolom dari SAP 2000	188
Tabel 7. 13 As Tulangan.....	190
Tabel 7. 14 As Tulangan.....	193
 Tabel 8. 1 As Tulangan.....	 203
Tabel 8. 2 As Tulangan.....	206
 Tabel 9. 1 SNI Pracetak Item Perkejaan	 209
Tabel 9. 2 HSPK Item Pekerjaan (Surabaya 2016)	211
Tabel 9. 3 RAB Pengerjaan Balok Induk Konvensional	212
Tabel 9. 4 RAB Pengerjaan Balok Induk Pracetak.....	212

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kebutuhan akan pusat ginjal semakin meningkat tiap tahunnya, berdasarkan portal kominfo Jatim. Untuk itu dibutuhkan penambahan pusat rehabilitasi ginjal. Sehingga pada tugas akhir ini dilakukan penambahan jumlah lantai pada gedung Kidney Cnetre menjadi 8 lantai untuk memenuhi kebutuhan akan penanganan ginjal di Jawa Timur khususnya Suarabaya.

Mayoritas dalam proyek pembangunan yang dilakukan di Indonesia. Terdapat beberapa kekurangan dalam proses pembangunannya, salah satunya ketidaksesuaian pengerjaan dengan target yang telah ditentukan. Masalah yang sering dihadapi antara lain terlambatnya proses pengecoran diakibatkan cuaca yang tidak mendukung.

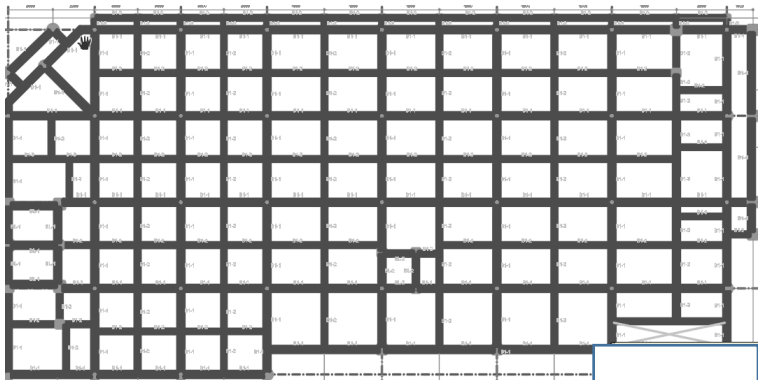
Oleh sebab itu, dibutuhkan sesuatu metode yang dapat mempercepat pembangunan proyek terebut tanpa mengurangi mutu pembangunannya. Dari banyaknya metode yang ada, dipilihlah metode pracetak menjadi salah satu metode yang sebelumnya menggunakan metode cor in situ.

Penggunaan beton pracetak memiliki keunggulan dibandingkan beton cor di tempat. Beberapa keunggulannya antara lain, : pengendalian mutu teknis dapat dicapai, karena proses produksi dikerjakan di pabrik dan dilakukan pengujian laboratorium, waktu pelaksanaan lebih singkat sehingga dapat mengurangi biaya pembangunan, tidak terpengaruh cuaca, lalu penyelesaian finishing mudah, variasi finishing permukaan struktur pracetak dilakukan saat pembuatan komponen; termasuk *coating* untuk *attack hazard* seperti korosif, kedap udara, lahan proyek tidak luas, mengurangi kebisingan, lebih bersih serta

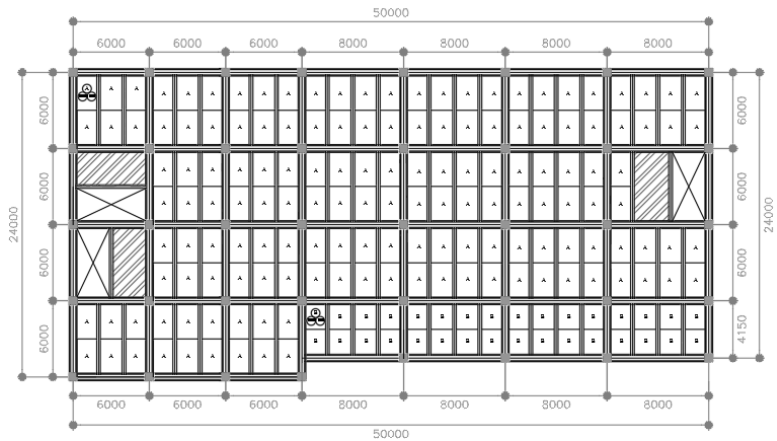
ramah lingkungan, karena komponen pracetak dibuat ditempat lain / factory.

Namun pemilihan pemakaian metode precast harus memenuhi beberapa kriteria, antara lain digunakan pada pembangunan infrastruktur yang memiliki banyak elemen struktur *tipikal*. Sehingga lebih mudah dalam pengerjaan karena hanya membutuhkan beberapa dimensi bekisting yang berbeda. Selanjutnya metode beton *precast* digunakan pada zona gempa rendah atau menengah. Hal ini dikarenakan sambungan pada elemen strukturnya belum menjamin untuk menahan gempa dengan intensitas tinggi.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan modifikasi gedung rumah sakit Kidney Centre yang semula berjumlah 5 lantai dan 1 lantai basement menggunakan metode cor di tempat (in situ), menjadi 8 lantai menggunakan metode pracetak. Pemilihan modifikasi gedung Rumah Sakit Kidney Centre menggunakan metode pracetak karena mempunyai lebih banyak keuntungan dibandingkan metode konvensional yang sebelumnya digunakan.



Gambar 1. 1 Denah Lantai Sebelum Modifikasi



Gambar 1. 2 Denah Lantai Setelah Modifikasi

1.2 Rumusan Masalah

Dalam Perencanaan Rumah Sakit Kidney Centre terdapat beberapa permasalahan yang timbul, antara lain :

1. Bagaimana mendesain struktur plat dan balok sehingga memiliki dimensi yang efisien?
2. Bagaimana merancang struktur pracetak yang monolit sehingga mampu menahan beban lateral dan gravitasi?
3. Bagaimana merancang sambungan pracetak sesuai peraturan yang berlaku?
4. Bagaimana memodelkan struktur menggunakan program bantu SAP 2000?
5. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perancangan ke dalam program bantu Autocad?
6. Bagaimana membuat metode pelaksanaan pengerjaan plat dan balok pracetak?

1.2 Tujuan

Dengan rumusan masalah di atas maka tujuan yang diharapkan adalah sebagai berikut:

1. Dapat merancang struktur pracetak yang monolit sehingga mampu menahan gaya yang lateral dan gravitasi
2. Dapat merancang sambungan antar elemen pracetak sesuai peraturan yang berlaku
3. Dapat memodelkan struktur ke dalam program bantu SAP 2000.
4. Dapat menuangkan hasil perhitungan dan perancangan ke dalam program bantu Autocad
5. Dapat membuat metode pelaksanaan pengerjaan plat dan balok pracetak

1.3 Batasan Masalah

1. Menggunakan metode *precast* hanya pada balok dan pelat, sedangkan untuk kolom menggunakan cor setempat (in situ).
2. Perencanaan ini tidak meninjau manajemen konstruksi, utilitas, arsitektural dan perhitungan pondasi.
3. Metode pelaksanaan hanya meliputi balok dan pelat.
4. Program bantu yang dipakai meliputi SAP 2000, Autocad dan Pcacol.

1.4 Manfaat

1. Dapat merencanakan struktur elemen plat dan balok menggunakan metode *precast* sesuai peraturan berlaku.

2. Dapat menjadi alternatif referensi perencanaan struktur gedung dengan menggunakan metode pracetak dikemudian hari
3. Menambah wawasan mengenai metode pelaksanaan balok dan pelat pracetak.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Beton pracetak adalah beton yang proses pengecorannya dan perawatannya dilakukan di lokasi yang bukan tempat akhirnya (Kim S Elliot, 2002). Menurut SNI-2847-2013, beton pracetak adalah elemen struktur yang dicetak ditempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur.

2.2 Tinjauan Elemen Pracetak

Agar elemen pracetak yang direncanakan tidak mengalami kesulitan dalam proses *curing*, *transporting* dan *installing*. Maka hendaknya perencana mengetahui mengenai elemen-elemen struktur pracetak yang umum digunakan saat ini.

2.2.1 Pelat

Pelat adalah elemen datar horizontal yang terletak pada lantai dan atap sebuah bangunan yang berfungsi menahan gaya gravitasi atau gaya lateral. Ketebalan plat sangat kecil apabila dibandingkan dengan panjang atau lebarnya. (M. Nadhimm Hasoun, Akhtem Al manaseer in structural theory-concrete and design).

Dalam *Multi Storey Precast*, Kim S Elliot & Collin, pelat pracetak dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Pelat Precast Berlubang (*Hollow-Core Slab*)

Hollow-core slab telah menjadi salah satu jenis elemen plat precast yang sering digunakan dewasa ini terutama di negara-negara Eropa. Hal ini tidak lepas dari keunggulan yang dimiliki Hollow-core slab dibanding jenis yang lain, antara lain: desain yang efisien, metode produksinya, pemilihan ketebalan, kapasitas dan penyelesaian yang baik di

permukannya. Proses fabrikasi jenis plat ini menggunakan sistem *the long-line extrusion* dan *Slip-forming* yang mana pratarik dan ketebalan plat juga menjadi parameter utama yang diperhitungkan.



Gambar 2. 1 Plat Hollow Core

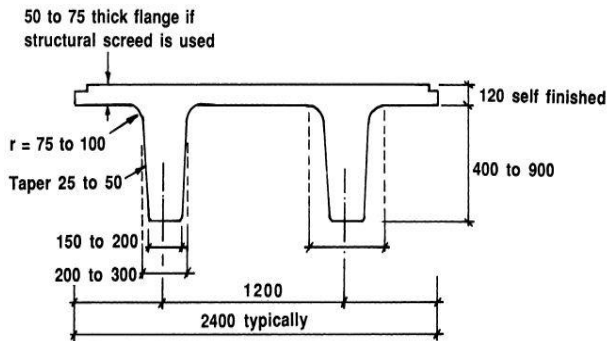
Hollow-core slab juga dapat digunakan sebagai cara untuk menghangatkan dan mendinginkan udara dalam ruangan. Salah satu penelitian mengatakan bahwa jenis plat ini juga dapat tahan terhadap kebakaran. ketebalan dan panjang axis menjadi salah satu parameter penting dalam hal ini. Berikut ini adalah tabel efektifitas ketebalan dan panjang axis.

Tabel 1. 1 Efektifitas Ketebalan Plat Beton

Fire resistance (mins)	Total effective thickness for solid, hollow-core units and composite slab (mm)		Axis distance <i>a</i> to BS EN 1992 or EN 1168 (mm)
	Solid unit to BS EN 1992	Hollow-core to EN 1168	
30	80	130	10
45	80	130	15
60	80	130	20
90	100	160	30
120	120	200	40
180	150	250	55

2. Plat T Ganda (*Double-tee slab*)

Double-tee slab dapat menahan gaya lebih baik dibandingkan Hollow-core slab. Ujung dari struktur ini dibuat tebal yang lebih kecil dari tebal plat, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi tebalnya keseluruhan plat. Ujung dari plat selalu dibuat kotak, walaupun dalam praktiknya dapat dibuat spesifik sesuai dengan tipe sayap struktur. Gambar potongan pracetak dan pratarik dapat dilihat pada gambar



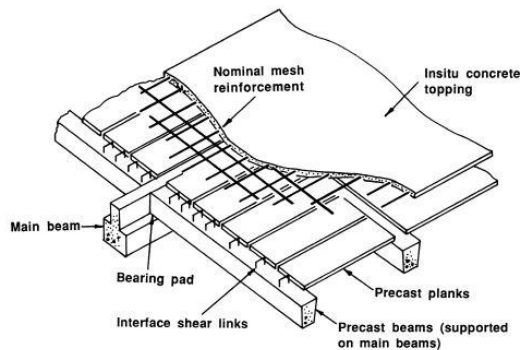
Gambar 2. 2 Plat T

3. Lantai Papan Komposit (*Composite plank floor*)

Prinsip dari *composite plank floor* sangat simple yaitu beton precast berbentuk kotak disandarkan pada penahan dan digunakan sebagai bekisting permanen yang siap untuk dilakukan pengecoran *in situ* di atasnya. Tulangan, kawat dan tendon yang ditempatkan pada precast berfungsi sebagai penahan gaya lentur. Sedangkan baja ringan berfungsi sebagai penahan gaya defleksi. Ada dua jenis lantai papan komposit yaitu bekisting permanen atau

dinamakan *Omnia* dan lantai pratarik atau yang dinamakan *half-slab*.

Penambahan lebar dapat dilakukan hingga 2,4 meter dengan cara menambah kekuatan dan menambahkan tulangan disekitar lubang cor *in-situ*. Untuk kantilever dapat ditambah sampai 1,5 meter yaitu dengan cara menambah tulangan atasnya. Untuk contoh gambar composite plank floor dapat dilihat pada gambar.

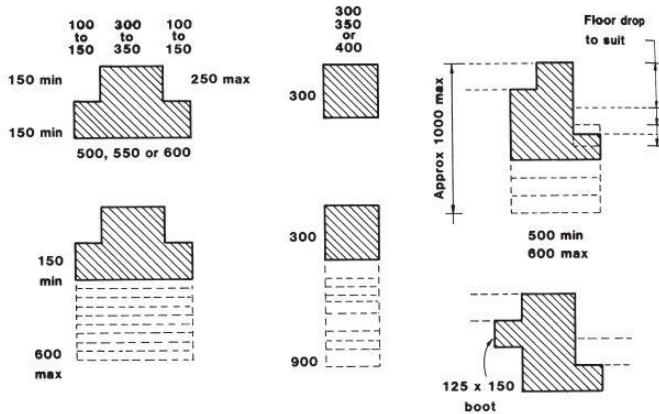


Gambar 2. 3 Plat Komposit

2.2.2 Balok

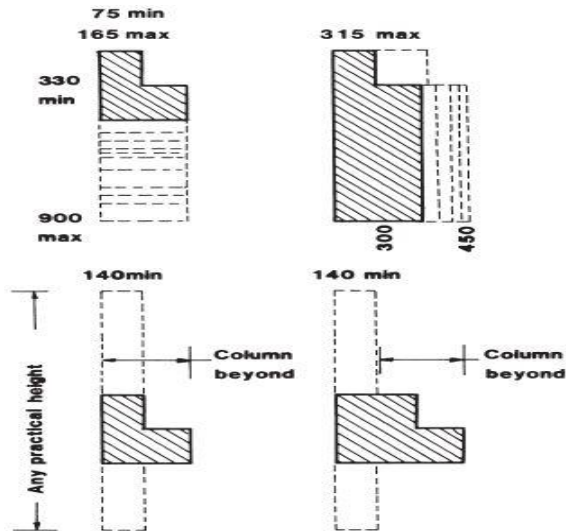
Balok adalah elemen struktur yang panjang, horizontal dan tegak lurus dengan keterbatasan lebar dan tebal. Fungsi utamanya untuk menahan beban yang disebabkan oleh plat (M. Nadhimm Hasoun, Akhtem Al manaseer in structural theory-concrete and design).*Kim S Elliot & Collin- Multi Storey Precast* mengklasifikasikan balok menjadi 2 yaitu balok internal dan balok eksternal. Balok internal adalah balok yang letaknya dengan plat lantai simetris sedangkan balok eksternal kebalikannya. Balok Internal bisa dibuat menjadi pratarik atau tulangan biasa. Yang paling sering dipakai dalam konstruksi

sebuah bangunan yaitu *inverted T beam* atau *double boot*. Rasio panjang dan lebarnya berkisar antara 10-15. Gambar menampilkan contoh balok internal



Gambar 2. 4 Balok Internal

Pembuatan balok eksternal biasanya dilakukan di dalam pabrik yang sangat diperhatikan mengenai mutu pembuatannya. Hal ini dikarenakan biasanya balok eksternal diletakkan pada luar bangunan yang nantinya akan selalu terpapar perubahan cuaca panas dan dingin. Balok eksternal biasanya menggunakan tulangan biasa dan bukan precast salah satu contoh balok eksternal yaitu L beam, yang dapat dilihat pada gambar.



Gambar 2. 5 Balok Eksternal

2.2.3 Kolom

Kolom adalah salah satu elemen kritis penahan gaya yang disebabkan oleh berat plat dan balok. Yang mana pada elemn ini di desain untuk terkena beban axial dan moment. (M. Nadhimm Hasoun, Akhtem Al manaseer in structural theory-concrete and design).

Perencaanaan kolom dalam tugas akhir ini tidak menggunakan metode pracetak melainkan menggunakan metode konensial yaitu cor in-situ yang menggunakan tulangan sengkang lateral. Tulangan memanjang dengan jarak tertentu akan dipergunakan dalam elemen ini disertai dengan pengikat sengkang lateral. Hal ini dimaksudkan untuk mengunci tulangan memanjang agar tetap kokoh ditempatnya.

2.3 Sambungan Beton Pracetak

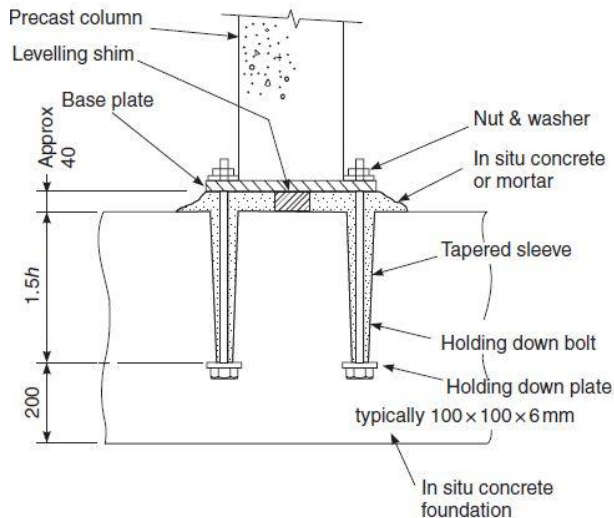
Efektifitas suatu desain dan konstruksi tergantung dari ketepatan penggunaan sambungan untuk memenuhi semua layanan ,lingkungan dan kondisi pembebanan. Dalam sebuah bangunan struktur, sambungan akan menjadi salah satu unsur penting dalam sistem struktur. Respon sebuah struktur tergantung dari kelakuan dan karakteristik sambungannya. Tata letak struktur, pengaturan stabilisasi elemen, desain sistem struktur, detail sambungan harus dibuat dengan konsistensi dan penuh ketelitian yang kesemuanya didasarkan pada sifat sebuah struktur.

Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, perencana harus mengetahui bagaimana sebuah sambungan dapat mempengaruhi aliran gaya melalui struktur yang terkena gaya horizontal atau pun vertikal.Sambungan struktur terintegrasi langsung dengan elemen struktur yang berdekatan. Lalu desain dan detail sambungan dipengaruhi oleh desain dan detail dari elemen struktur yang akan disambung. Sambungan dapat diklasifikasikan berbeda tergantung dari elemen struktur yang akan disambung dan gaya yang harus di tahan.

2.4 Metode Sambungan

2.4.1 Sambungan Baut

Sambungan baut menjadi salah satu tipe sambungan yang paling mudah dan aman dalam penggunaannya, namun dengan syarat dan toleransi yang tinggi. Jenis sambungan ini dibedakan berdasarkan beban yang ditahannya, antara lain pada elemen tarik, perpanjangan tulangan dan hubungan antara balok, pada jenis ini baut berfungsi untuk menahan gaya geser. Dalam penyambungan cara ini diperlukan plat baja sebagai landasan guna disambung dengan baut mutu tinggi. Gambar sambungan bautdapatdilihatdalamgambar8



Gambar 2. 6 Sambungan Baut

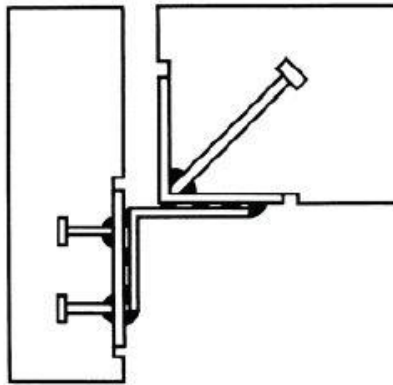
2.4.2 Sambungan Cor Setempat

Sambungan ini merupakan sambungan yang sering digunakan dalam dunia konstruksi. Dikarenakan kemudahannya dalam pengerjaan serta menimbulkan kekakuan terhadap elemen struktur. Sambungan ini merupakan sambungan dengan mengecor di tulangan yang sudah di adaguna menyatukan antara elemen struktur agar menjadi satu kesatuan yang monolit. Biasanya sambungan ini digunakan untuk sambungan antar balok dan kolom atau pun balok.

2.4.3 Sambungan Las

Sambungan las cocok untuk dilakukan dalam beberapa kasus dan tanpa halangan. Namun, kualitas las sangat tergantung oleh kemampuan pengelasnya. Ketika melakukan las di luar ruangan, pengelas harus memiliki pengetahuan yang luas

mengenai elektroda yang digunakan pada kondisi cuaca tertentu, dan kualitas material pengelasanya. Dan juga akan ada beberapa hal yang menyulitkan untuk melakukan penyambungan las seperti memperbaiki plat kecil dengan hanya memiliki akses tangga, kabel yang berat dan ketiadaan penjepit. Tingkat suhu pada saat pengelasan sedikit banyak akan mempengaruhi kualitas beton di dekatnya. Dalam penyambungan jenis ini alat sambung yang digunakan yaitu plat yang dimasukan ke dalam beton yang akan disambung yang selanjutnya akan dilakukan pengecoran untuk mengurangi korosi pada plat baja. Gambar memperlihatkan jenis sambungan las yang digunakan pada hubungan balok dan kolom.



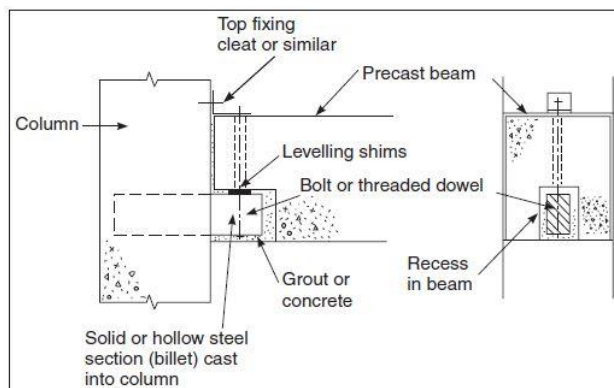
Gambar 2. 7 Sambungan Las

2.5 Jenis Sambungan Balok ke Kolom

Sambungan balok ke kolom adalah sambungan yang paling penting dalam struktur rangka pracetak. Jenis sambungan ini membutuhkan tidak sedikit pemikiran dalam spesifikasi, desain, dan konstruksinya salah satunya pada jenis sambungan yang disembunyikan di dalam balok. Dalam perencanaan sambungan ini harus mengikuti sifat dari balok pada saat mengalami lentur, yaitu dengan cara mengontrol defleksi yang terjadi, syarat stabilitas kolom dalam rangka dan kapasitas tekuk kolom.

2.5.1 Sambungan Billet

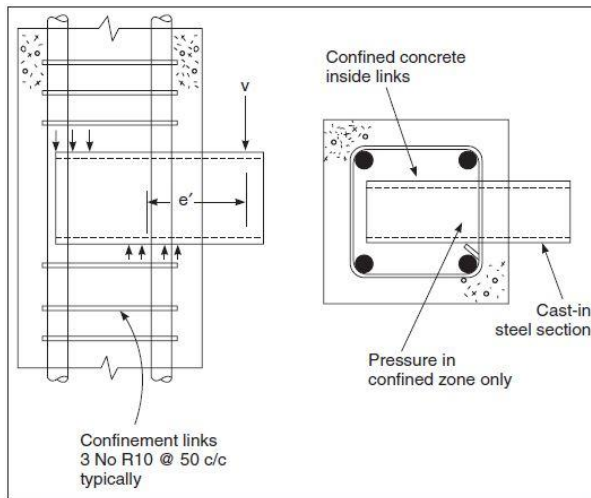
Tipe sambungan ini termasuk sambungan tersembunyi, karena posisinya di dalam balok. Sambungan ini baik untuk peruntukan bangunan yang membutuhkan estetika yang tinggi karena letaknya yang tidak kasat mata. Sambungan ini menggunakan besi ulir atau baut yang dimasukkan melewati lubang yang telah dibuat antara balok dan *billet*. Bagian yang kosong di sekitar *billet* akan ditutup dengan *grouting*. Berikut gambar sambungan billet



Gambar 2. 8 Sambungan Billet

2.5.2 Sambungan Pelat

Sambungan pelat adalah nama sambungan dengan cara memasukan plat tipis ke dalam kolom untuk mentransfer gaya geser, dan aksial terkadang gaya lendutan dan torsi yang terjadi pada kolom. Pelat yang dimasukkan bisa solid, tabung atau cor di tempat, lebar minimum yang disyaratkan yaitu 50 mm serta ketebalan baja yang disyaratkan yaitu 6 mm. Gambar menunjukkan contoh sambungan plat.

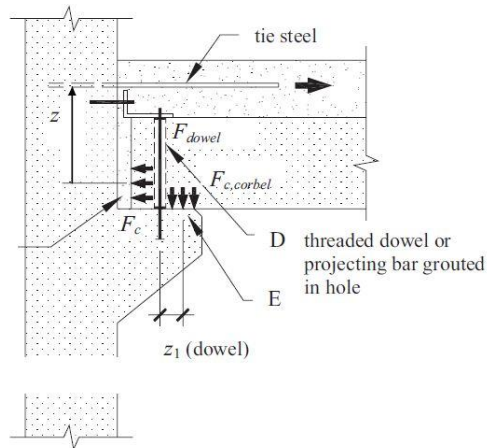


Gambar 2. 9 Sambungan Plat

2.5.3 Sambungan Beton Corbel

Sambungan ini adalah salah satu proyeksi dari kantilever dengan bentang pendek, terletak pada muka kolom dan menjadi pendukung elemen pracetak horizontal di atasnya. Sambungan ini digunakan ketika hal terkait estetika sambungan tidak diutamakan. Jarak efektif pembebanan pada beton corbel yaitu $A_v < 0.6d$. Tebal muka corbel tidak boleh lebih setengah dari lebar

bagian samping corbel. Tebal corbel minima harus 500 mm. Gambar menunjukan contoh sambungan beton corbel.



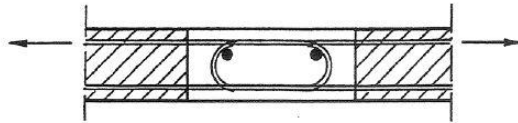
Gambar 2. 10 Sambungan Korbel

2.6 Jenis Sambungan Plat ke Plat

2.6.1 Sambungan Loop

Sambungan loop dapat digunakan untuk menyalurkan gaya tarik, lendutan dan momen. Ini biasanya digunakan pada plat solid yang membutuhkan penerusan, walaupun, dalam praktiknya tipe sambungan ini sulit dalam hal pengerjaannya. Kegagalan sambungan dapat terjadi dikarenakan beberapa hal seperti pecahnya tulangan, hancurnya beton di joint, dan pemisahan beton di daerah sambungan loop. Pendesain bertujuan untuk mencegah hancurnya beton sebelum kegagalan pada tulangan, dengan desain yang baik maka akan membuat elemen yang di sambung oleh tipe sambungan ini menjadi lebih daktil.

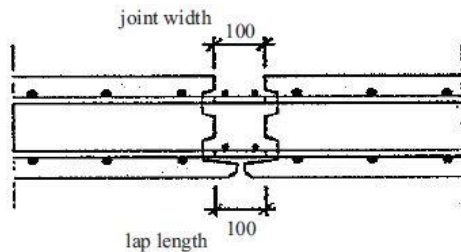
Sambungan dapat di desain dengan cara model topagan dan ikatan. Berikut ini contoh gambar sambungan loop.



Gambar 2. 11 Sambungan Loop

2.6.2 Sambungan Menerus

Sambungan menerus adalah ketika dua tulangan saling meneruskan untuk membuat tulangan menjadi satu garis. Panjang dari tulangan yang diteruskan tergantung dari ukuran, kuat beton, dan spasinya. desain sambungan berdasarkan prinsip kesetimbangan daktilitas. Joint pada sambungan di asumsikan sebagai komponen yang mudah rapuh sehingga harus diberikan kapasitas yang cukup untuk meamastikan bahwa lentur atau tarik yang menyebabkan keretakan tidak terjadi di joint melainkan di elemen sambungan betonnya., di mana daktilitas dapat di dapat dengan tulangan biasa. Berikut contoh gambar sambungan menerus.



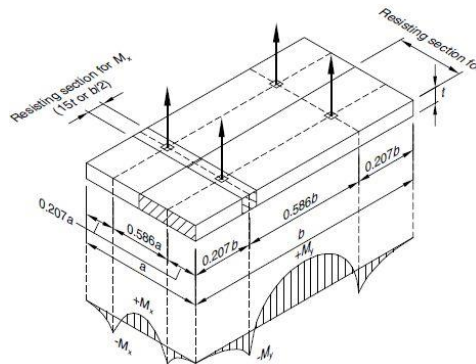
Gambar 2. 12 Sambungan Menerus

2.7 Titik-Titik Angkat dan Sokongan

2.7.1 Pengangkatan Elemen Pracetak

Titik angkat harus diletakkan untuk menjaga elemen pracetak agar tegangan yang dipikulnya tidak melebihi batas dan untuk membuat elemen dapat diangkat. Komponen pracetak yang tidak simetris dalam konfigurasi pendesainan harus menambahkan titik angkat serta penanganan yang lebih. Ketika sebuah komponen pracetak memiliki luas area yang kecil, bagian yang dipotong atau kantilever yang panjang, maka harus ditambahkan baja yang sifatnya sementara atau pun permanen untuk menambah kekuatan pada komponen saat pengangkatan. Ada beberapa titik angkat yang disyaratkan untuk mengangkat elemen dari cetakan maupun saat akan melakukan pemasangan.

a. Pengangkatan di bagian sisi lebar (4 titik angkat & 8 titik angkat)



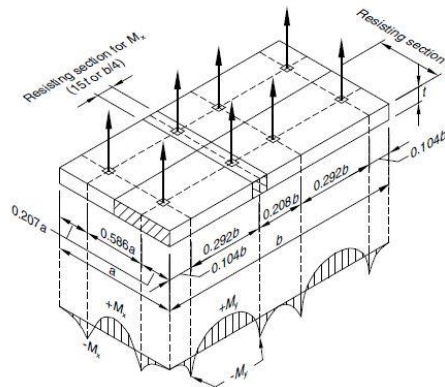
Gambar 2. 13 Pengangkatan 4 titik

Momen maksimum 4 titik angkat :

$$+M_x = -M_x = 0,0107 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_y = 0,0107 w a b^2$$

- M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/2$
- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 2. 14 Pengangkatan 8 titik

$$+M_x = -M_x = 0,0054 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_y = 0,0027 w a b^2$$

- M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/4$
- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

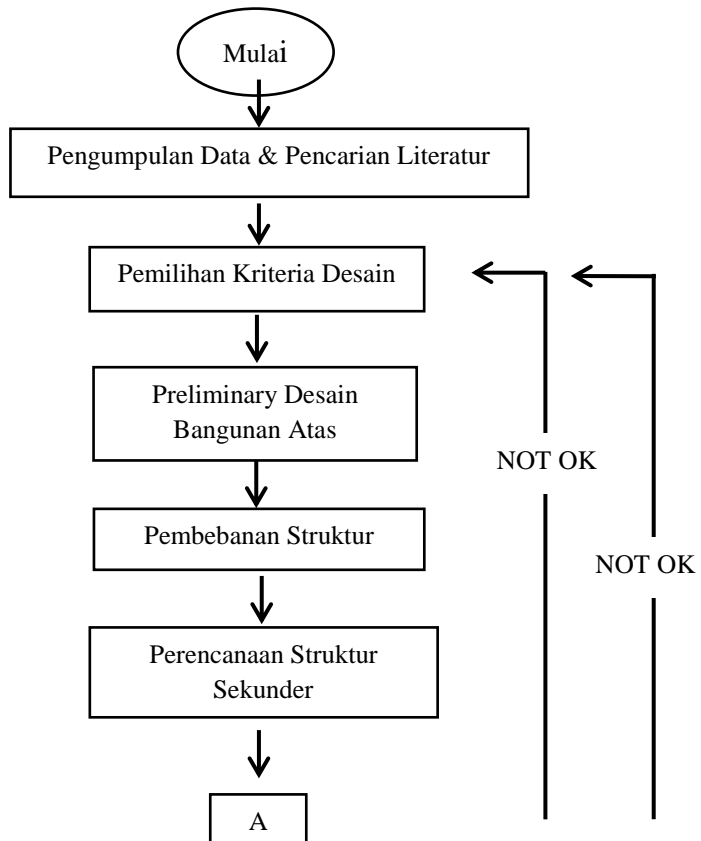
BAB III

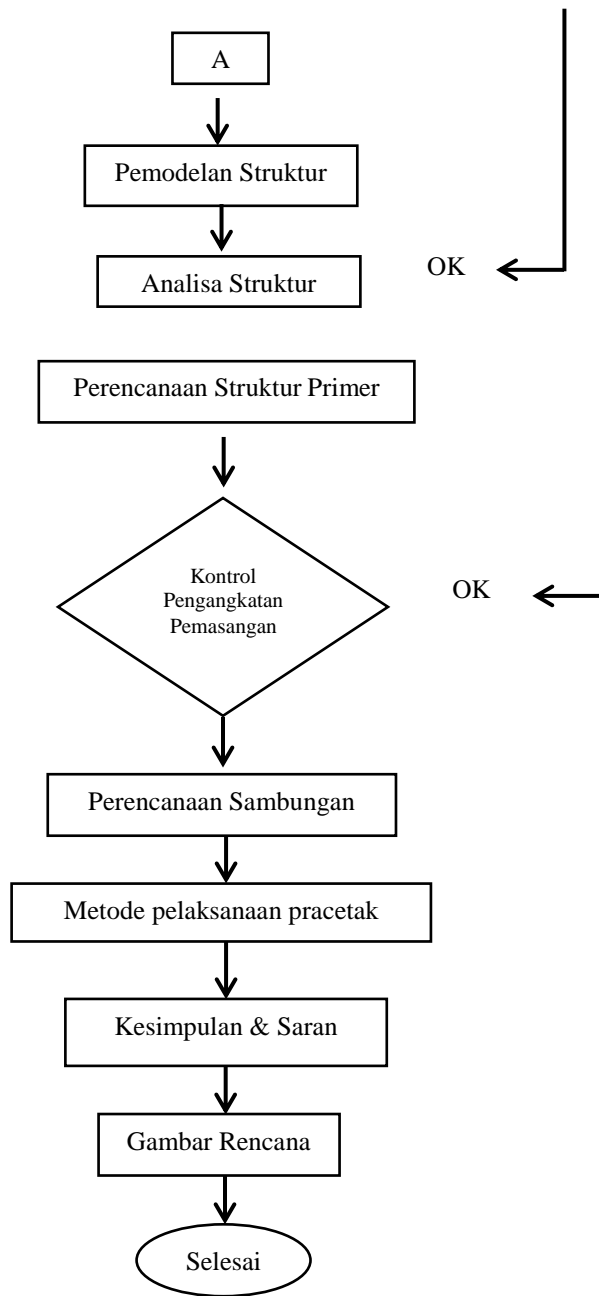
METODOLOGI

3.2 Umum

Perencanaan sebuah gedung harus memiliki langkah-langkah yang sistematis, sehingga perlu dibuat sebuah diagram yang memperlihatkan secara umum mengenai tahapan-tahapan pengerjaan perencanaan dari awal mulai sampai dengan akhir.

3.3 Diagram Alir Perencanaan





Gambar 3. 1 Diagram Alir Perencanaana

3.3 Pencarian dan Pengumpulan Data

Data-data perencanaan secara keseluruhan mencakup data umum bangunan, data bahan dan data tanah:

1. Data umum
 - a. Nama gedung : Gedung Kidney Centre RSUD Dr. Soetomo
 - b. Lokasi : Jalan Mayjen Prof dr.Meostopo No. 6-8 Surabaya
 - c. Fungsi : Rumah Sakit
 - d. Jumlah lantai : 5 Lantai
 - e. Tinggi bangunan: +20.9m
 - f. Total luas area : $\pm 1241.25 \text{ m}^2$
 - g. Struktur utama : Struktur beton bertulang
2. Data bahan
 - a. Mutu beton : K-300
 - b. Mutu baja : BJTP-24 dan BJTD-50
3. Data tanah : Terlampir
4. Data Gambar
 - a. Gambar struktur : Terlampir
 - b. Gambar arsitektur: Terlampir

Bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan metode beton pracetak dan data bangunan rencana sebagai berikut :

1. Data umum
 - a. Nama gedung : Gedung Kidney Centre RSUD Dr. Soetomo
 - b. Lokasi : Jalan Mayjen Prof dr.Meostopo No. 6-8 Surabaya
 - c. Fungsi : Rumah Sakit
 - d. Jumlah lantai : 8
 - e. Tinggi bangunan: +32.9 m
 - f. Total luas area : $\pm 1241.25 \text{ m}^2$
 - g. Struktur utama : Struktur benton bertulang

2. Data bahan
 - a. Mutu beton : $f_c' 30$
 - b. Mutu baja : BJTP-24 dan BJTD-40
3. Data tanah : Terlampir
4. Data Gambar
 - a. Gambar struktur : Terlampir
 - b. Gambar arsitektur : Terlampir

3.4 Pencarian Literatur

Dalam pengerjaan tugas akhir ini membutuhkan beberapa literature yang dijadikan sebagai dasar perhitungan dan acuan. Adapun literatur yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir adalah sebagai berikut :

1. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan (SNI 2847 : 2013).
2. Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 : 2012).
3. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727 : 2013).
4. Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung (SNI 7833 : 2012).
5. Wulfram I. Ervianto. 2006. Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Cetak dan Bekisting. Yogyakarta : Andi Yogyakarta.
6. Iswandi Imran dan Fajar Hendrik. 2014. Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang. Bandung : ITB.
7. PCI. 2004. *PCI Design Handbook Edition 7th Precast and Prestress Concrete*.
8. Robert E. Englekirk. 2003. *Seismic Design of Reinforced and Precast Concrete Buidlings*.

9. Kim. S Elliott dan Colin Jolly. 2013. *Multi-storey Precast Concrete Framed structures*. Willey-Blackwell
10. Kim. S Elliot. 2002. *Precast Concrete structures*.
11. Edward G. Nawi (Penerjemah : Bambang suryoatmono). 1998. *Beton Bertulang Suatu pendekatan dasar*. Refika aditama
12. Departemen Pekerjaan Umum Dan Tenaga Listrik. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia N.I – 2*.

3.5 Pemilihan Kriteria Desain

Dalam pemilihan kriteria desain harus memenuhi beberapa ketentuan, yakni sebagai berikut :

a. Kemampuan Layan (*Servicabilty*)

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9 ayat 1 menjelaskan mengenai kekuatan sebuah struktur bangunan minimal harus sama dengan kekuatan perlunya. Hal ini dimaksudkan agar kemampuan layan bangunannya dapat bekerja makasimal.

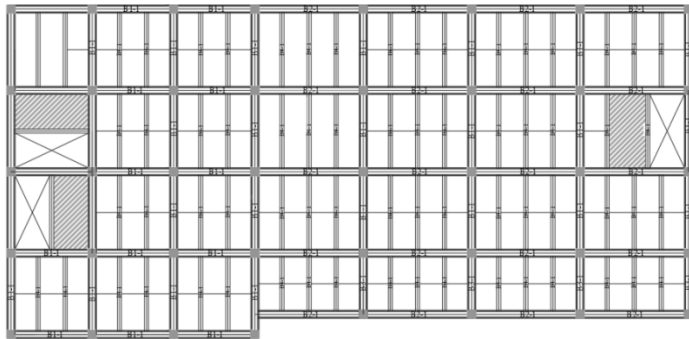
b. Efisien

Selain mendesain sebuah elemen struktur dengan kekuatan yang memadai, maka salah satu poin penting dalam pendesain yaitu efisiensi. Efisien di sini memiliki arti bahwa sebuah elemen struktur yang di desain tepat guna dalam hal pemilihan tulangan, dan penentuan dimensi.

3.6 Preliminary Desain Bangunan Atas

3.6.1 Pengaturan Denah

Pengaturan denah dilakukan untuk membuat elemen struktur yang mulanya di buat dengan cara konvensional (cor in situ) menjadi pracetak. Pengaturan denah yang dilakukan pada tugas akhir ini meliputi balok dan pelat. Bagian yang diarsir memiliki arti bahwa metode pengecoran menggunakan cor in situ.



Gambar 3. 2 Denah Setelah Modifikasi

3.7 Penentuan Dimensi Elemen Struktur

3.7.1 Dimensi Pelat

Berikut ini langkah-langkah perhitungan dalam menentukan dimensi pada elemen plat, yaitu :

1. Menentukan sistem perencanaan plat beton. Pada dasarnya sistem perencanaan plat beton dibagi menjadi dua jenis, yaitu : plat satu arah (one way slab) dan plat dua arah (two way slab). Penentuan sistem perencanaan plat di dasarkan pada pembagian $\frac{Ly}{Lx}$. Apabila $\frac{Ly}{Lx} \geq 2$, maka plat termasuk satu arah, begitu pun sebaliknya.

2. Menentukan α_m yang di dapatkan dari persamaan di bawah ini

$$\alpha_m = \frac{\sum \alpha_n}{n} \quad \dots(3.1)$$

α_m = Nilai rata rata α yang menjepit plat tersebut.

α = Rasio kekauan balok terhadap play yang ditentukan dengan :

$$\alpha = \frac{I_{cb}I_b}{I_{cp}I_b} \quad \dots(3.2)$$

Keterangan :

$E_{cb} = E_{cp}$ = Modulus Elastisitas Beton

I_p = Momen Inersia plat (mm^4)

I_b = Momen Inersia balok (mm^4)

3. Menentukan tebal minimum plat beton. Penentuan tebal minimum plat satu arah (one way slab) mengacu pada SNI 2847-2013 Pasal 9.5.2.1 tabel berikut. Sedangkan untuk plat dua arah (two way slab) mengacu pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.1 .

Tabel 3. 1 Tebal Minimum Plat atau Balok

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$
<p>CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), w_c, di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09. (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.</p>				

Untuk plat yang membentang di antar tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya harus sesuai ketentuan pada pasal 9.5.3.2. Menghitung tebal minimum plat :

* Untuk $\alpha_m \leq 2$ dipakai tebal plat 125 mm

* Untuk $0,2 < \alpha_m \leq 2$ tebal minimum plat ditentukan dengan :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} > 120mm \dots(3.3)$$

* Untuk $\alpha_m < 2$ tebal minimum plat ditentukan dengan :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \leq 90mm \dots(3.4)$$

Keterangan :

ln = Bentang bersih arang memanjang panel plat (mm)

h = tebal plat (mm)

β = Rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah pendek plat.

f_y = Tegangan leleh baja (MPa)

3.7.3 Dimensi Balok

Berdasarkan SNI 7833 2012 pasal 5.2.7.1 mengenai konstruksi komposit, terbagi menjadi konstruksi yang ditopang dan konstruksi tidak ditopang. Dalam perencanaan balok dalam tugas akhir ini menggunakan konstruksi tidak ditopang. Berikut ini akan dijelaskan mengenai tata cara perhitungan dimensi balok.

1. Menentukan desain pada balok yang meliputi : tebal minimum balok. Dalam SNI 5.2.7.1.2 dijelaskan bahwa jika dalam pendesainan ketebalan balok telah sesuai dengan tabel 2 SNI 2847 2013, maka tidak perlu menghitung lendutan yang terjadi saat komposit.

Tabel 3. 2 Tabel Tebal Minimum Plat dan Balok

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak mendukung atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu arah	$\ell / 20$	$\ell / 24$	$\ell / 28$	$\ell / 10$
Balok atau pelat berusuk satu arah	$\ell / 16$	$\ell / 18,5$	$\ell / 21$	$\ell / 8$
CATATAN: Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut. a) Untuk struktur beton ringan dengan densitas w_c antara 1 440 kg/m ³ dan 1 840 kg/m ³ , nilai harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$, tapi tidak kurang dari 1,09. b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilai harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$				

2. Menentukan tinggi minimum balok.

- Apabila digunakan $F_y=420$ Mpa

$$h_{\min} = \frac{L}{16}$$

- Selain $F_y = 420$ Mpa

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right)$$

Keterangan :

h_{\min} = Tinggi minimum balok (mm)

L = Panjang balok (mm)

F_y = Tegangan leleh baja (MPa)

3. Menentukan panjang balok. Mengacu pada SNI 2847 2013 pasal 21.5.1.2 bentang bersih untuk komponen struktur balok (l_n) tidak boleh kurang dari tinggi minimum balok.

3. Menentukan lebar balok (b). Pada SNI 2847 2013 pasal 21.5.1.3 dijelaskan bahwa untuk menentukan lebar balok tidak boleh kurang dari $0.3h$ dan 250 mm.

3.7.4 Dimensi Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm}$$

Dimana,

t = Tinggi injakan

i = Lebar injakan

Syarat kemiringan Tangga (α) : $((25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ))$

Untuk penulangan tangga, perhitungan penulangan bordes dan pelat dasar tangga dilakukan sama dengan perencanaan tulangan pelat dengan anggapan tumpuan sederhana (sendi dan

rol). Perencanaan tebal tangga ditentukan sesuai ketentuan dalam perhitungan dimensi awal pelat.

3.8 Permodelan Struktur

Dalam tugas akhir ini elemen struktur gedung Kidney Centre Surabaya memiliki beberapa komponene pracetak yang akan dimodelkan sebagai berikut :

1. Pemodelan Struktur Sebelum Komposit & Sesudah Komposit

Sebelum komposit perletakan elemen struktur dimodelkan sebagai perletakan sederhana. Pembebanan yang dipasang satu arah yaitu distribusi beban setengah ke kiri dan setengah ke kanan. Setelah komposit perletakan elemen struktur dimodelkan sebagai perletakan menerus. Pembebanan yang dipasang dua arah yaitu distribusi beban berbentuk segitiga dan trapezium.

2. Perhitungan Gaya Dalam

Perhitungan gaya dalam pada struktur gedung ini menggunakan aplikasi SAP 2000. Berikut ini beberapa hal yang berkaitan dengan analisa struktur ini :

- Pembebanan struktur dan kombinasi pembebanan
- Dimensi elemen dari preliminary design
- Bentuk gedung
- Wilayah gempa dan frekwensi

3.9 Pembebanan Struktur

Dalam melakukan analisa dan pernacangan sebuah struktur perlu adanya gambaran yang jelas mengenai pembebanan struktur tersebut. Perilaku sebuah struktur dapat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain perlakuan pembebanan dan kombinasinya. Beban pada struktur terbagi menjadi 2 jenis yaitu beban statis dan beban dinamis.

Berikut ini akan dijabarkan lebih lanjut mengenai pembebanan dalam struktur yang tercantum dalam SNI 03-1726-2012, SNI 03-2847-2013 dan PPIUG 1983.

3.9.1 Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bersifat tetap baik besarnya interval, titik bekerjanya dan arah garis kerjanya. Jenis – jenis beban statis menurut PPIUG 1983 adalah sebagai berikut

1. Beban Mati

Definisi beban mati menurut SNI 1727-201 pasal 3.1.1 yaitu berat seluruh bahan kontruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga dinding partisi tetap, finishin, klading gedung dan komponen arsitektural dan structural lainnya serta perataan layang terpasang.

Beban mati yang digunakan dalam perancangan tugas akhir ini menggunakan Peraturan SNI 1727 2013 pasal 3.1 di mana dalam pasal tersebut dijelaskan bahwa dalam perancangan harus digunakan berat bahan yang sebenarnya. Namun, apabila tidak ada informasi maka dipergunakan nilai yang disetujui berbagai pihak yang berwenang.

2. Beban Hidup

Definisi beban hidup menurut SNI 1727 2013 pasal 4.1 yaitu beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan seperti : beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir dan beban mati. Beban hidup yang digunakan dalam perancangan tugas akhir ini menggunakan SNI 1727 2013 Tabel di bawah ini.

3. Beban Angin

Beban Angin ditentukan berdasarkan peraturan SNI 1727-2013 Pasal 25 sampai dengan pasal 31. Beberapa parameter yang harus ditentukan untuk menentukan beban angin antara lain Kecepatan angin dasar, Faktor arah angin, Kategori Eksposur, Faktor Topografi, Faktor efek tiupan, Klasifikasi ketertutupan, dan koefisien tekanan internal.

3.9.2 Beban Dinamis

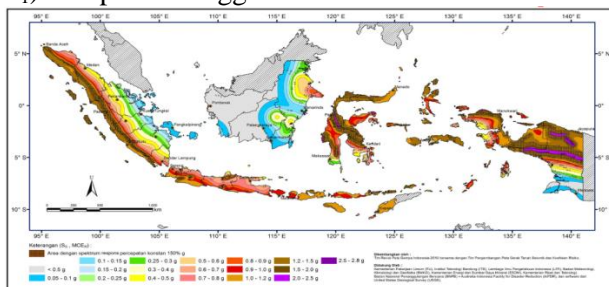
Beban dinamis adalah beban yang besarnya (intensitas) berubah-ubah menurut fungsi waktu, walaupun hanya dalam rentang waktu tertentu namun dapat menyebabkan kerusakan pada struktur sebuah bangunan, sehingga harus diperhitungkan dalam perencanaan sebuah struktur. Yang termasuk beban dinamis yaitu beban gempa.

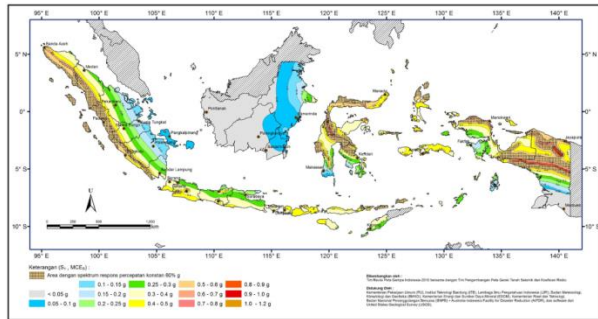
1. Beban Gempa

Dalam SNI 1726 2012 pasal 4.1.2 kategori resiko sebuah bangunan dan non-geudng berdasarkan pengaruh gempa harus dikalikan dengan faktor keutamaannya I_e ,

- Rumah sakit dan fasilitas kesehata lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darat masuk kategori risiko IV (Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 1)
- Kategori IV memiliki faktor keutamaan gempa sebesar 1,5 (Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 2)

Untuk menentukan parameter percepatan tanah (S_s dan S_1) dapat menggunakan Peta di bawah ini :





Gambar 3. 4 Peta untuk S1 (Parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget(MCER)).

Dalam SNI 1726:2012 Pasal 5.3. untuk menentukan klasifikasi situs dapat ditentukan salah satunya dengan menentukan nilai N rata-rata berdasarkan data hasil uji tanah SPT.

klasifikasi situs berdasarkan Ss (sumber : SNI 1726:2013 Tb. 4)

Tabel 3. 3 Kelas Situs Ss

Kelas Situs	Parameter respon spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2, Ss				
	$Ss \leq 0,25$	$Ss = 0,5$	$Ss = 0,75$	$Ss = 1$	$Ss \geq 1,25$
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9

klasifikasi situs berdasarkan S₁ (sumber : SNI 1726:2013 Tb. 4)

Tabel 3. 4 Kelas Situs S1

Kelas Situs	Parameter respon spectral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 1, S1				
	$Ss \leq 0,1$	$S1 = 0,2$	$S1 = 0,3$	$S1 = 0,4$	$S1 \geq 0,5$
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4

Dalam SNI 1726:2012 pasal 6.2 untuk menentukan percepatan spectrum respons pada periode pendek (S_{MS}) dan periode satu detik (S_{M1}) menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1$$

Dalam SNI 1726:2012 pasal 6.3 untuk menentukan percepatan spectrum respons pada periode pendek (S_{ds}) dan periode satu detik (S_{M1}) menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S_{DS} = 2/3 \cdot S_{MS}$$

$$S_{D1} = 2/3 \cdot S_{M1}$$

Dalam SNI 1726 : 2012 pasal 6.4 untuk membuat kurva spectrum respon desain :

$$T_0 = \frac{0,2 \cdot S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respon percepatan desain (S_a). Harus di desain dengan :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

Untuk periode yang lebih besar dari T_0 , dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum, spectrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS}$$

Untuk periode yang lebih besar dari T_s , Spektrum respon percepatan desain :

$$S_a = \frac{SD1}{T}$$

Dalam SNI 1726:2012 pasal 6.5 dijelaskan bahwa struktur yang masuk kategori IV harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismic F.

Dalam SNI 1726-2012 pasal 7.8.2 penentuan periode alami fundamental dengan persamaan :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Tabel 3. 5 Nilai C_t dan x (sumber: SNI 1726:2012 Tb. 15)

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gayagempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa :		
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Periode fundamental struktur yang digunakan :

Jika $T_c > C_u T_a$ maka digunakan $T = C_u T_a$

Jika $T_a < T_c < C_u T_a$ maka digunakan $T = T_c$

Jika $T_c < T_a$ maka digunakan $T = T_a$

Dengan,

T_c = Periode fundamental struktur yang di dapatkan dari analisis struktur

Tabel 3. 6 Nilai C_u (sumber: SNI 1726:2012 Tb. 14)

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Dalam menentukan dasar geser seismik (v) dan koefisien respon seismik (C_s), kita gunakan persamaan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2 sebagai berikut :

$$V = C_s \times W$$

Dengan,

C_s = Koefisien respon seismik

W = Berat seismik efektif

Koefisien respon seismik, C_s harus ditentukan dengan :

$$C_s = \frac{S_{ds}}{\frac{R}{I_e}}$$

Dengan,

S_{ds} = Parameter percepatan respon spectrum desain dalam rentang periode pendek seperti yang ditentukan dalam tabel SNI 6.3 atau 6.9

R = Faktor modifikasi respon dalam SNI tabel 9

I_e = Faktor keutamaan gempa yang disesuaikan dengan 4.1.2

Nilai C_s yang digunakan tidak perlu melebihi berikut ini :

$$C_s = \frac{S_d1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Dan C_s tidak boleh kurang dari

$$C_s = 0,0041 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

Distribusi gaya gempa yang terjadi di semua tingkat harus menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F_x = C_{vx} V$$

Dan,

$$C_{vx} = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k}$$

Keterangan :

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur dinyatakan dalam kilonewton

W_i dan W_x = bagian berat seismik efektif total struktur (w) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat I atau x

H_i dan h_x = tinggi dari dasar I atau x (m)

K = eksponen yang terkait dengan periode struktur sebagai berikut :

T < 0,5 s; maka nilai k = 1

T > 2,5 s; maka nilai k = 2

$0,5 \text{ s} < T < 2,5 \text{ s}$; maka nilai k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

Dalam SNI 1727:2012 pasal 7.8.4 untuk menghitung distribusi horizontal gaya gempa. Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x) (Kn) harus ditentukan dengan :

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i$$

Dengan,

F_i = Geser dasar seismik (v) yang timbul di tingkat I, yang dinyatakan dengan *kilo newton* (kn)

3.10 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1726-2012 pasal 2.3.2 Kombinasi untuk kekuatan perlu harus paling tidak sama dengan pengaruh terfaktor.

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (L, \text{atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (L, \text{atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L, \text{atau } S \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

Menurut SNI 1726-2012 pasal 2.4.1 Kombinasi beban nominal untuk menggunakan desain tegangan izin.

1. D
2. $D + L$
3. $D + (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
4. $D + 0,75L + 0,75(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $D + (0,6W \text{ atau } 0,7E)$
- 6a. $D + 0,75L + 0,75(0,6W) + 0,75(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- 6b. $D + 0,75L + 0,75(0,7E) + 0,75S$
7. $0,6D + 0,6W$
8. $0,6D + 0,7E$

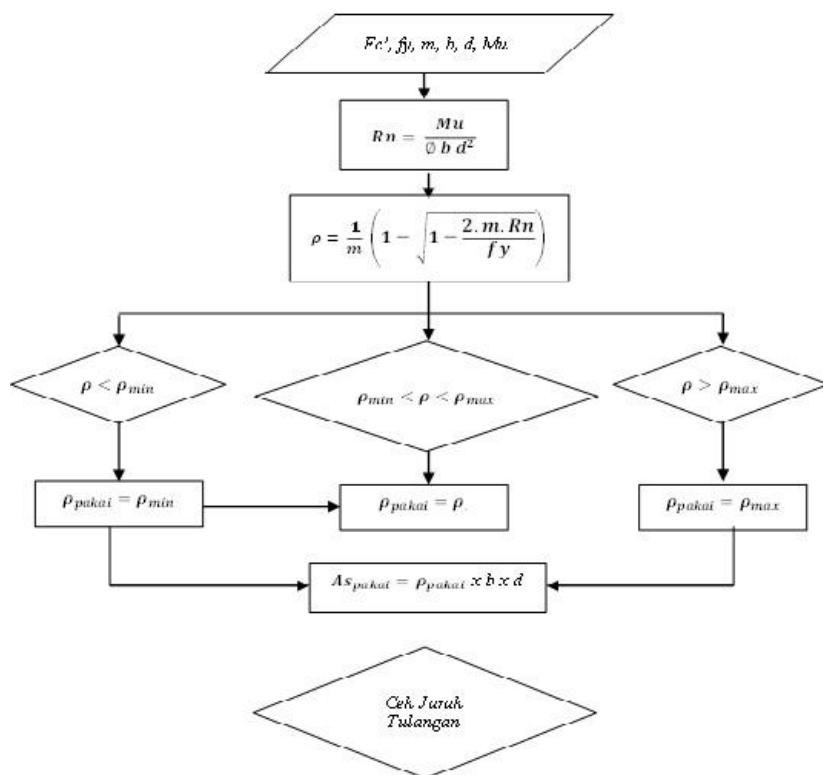
Dimana :

- D = beban mati
- L = beban hidup
- E = beban gempa
- W = beban angin
- L_r = beban hidup atap
- R = beban hujan
- S = beban salju

3.11 Perencanaan Penulangan

3.11.1 Penulangan Lentur Balok

Berikut ini tahapan-tahapan untuk merencanakan penulangan lentur balok :



Gambar 3. 5 Diagram Alir Penulangan Lentur Balok.

3.11.2 Penulangan Geser Balok

Menurut SNI 2847:2013, Ps. 11.1 kekuatan geser pada desain penampang harus didasarkan pada :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

dimana,

$$\phi = 0.75 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 9.3.2.3)}$$

$$V_n = \text{Kekuatan geser nominal}$$

$$V_u = \text{Kekuatan geser terfaktor}$$

Menurut SNI 2847:2013, Ps. 11.2.1.1 kekuatan geser yang disediakan beton pada balok untuk komponen non prategang

$$V_c = 0.17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

Dimana,

$$\lambda = 1 \text{ (Beton normal, SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4)}$$

Menurut SNI 2847 : 2013, Ps. 11.4.6.1 kekuatan geser harus disediakan dalam semua komponen (prategang dan non prategang). Jika :

$$0.5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \text{ (Pakai tulangan geser minimum)}$$

$$V_u \leq 0.5 \phi V_c \text{ (Tidak perlu tulangan geser)}$$

Maka dipakai :

$$A_{vmin} = 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{b_w \times s}{f_y} \quad (\text{SNI 2847 : 2013, Ps. 11.4.6.3})$$

Menurut SNI 2847 : 2013, Ps. 11.4.7.1 kekuatan geser harus disediakan dalam semua komponen (prategang dan non prategang), jika :

$$\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_s) \quad (\text{Perlu tulangan geser})$$

Dimana,

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} < 0.66 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \quad (\text{SNI 2847:2013, Ps. 11.4.7.9})$$

3.11.3 Pehitungan Tulangan Susut Balok

Menurut SNI 2847:2013,Ps. 7.12. Tulangan susut harus disediakan minimum memiliki rasio luasan tulangan terhadap luasan penampang beton, dan tidak kurang dari 0.0014.

3.11.4 Kontrol Torsi Balok

Perencanaan tulangan torsi harus memenuhi persyaratan SNI 2847 : 2013 pasal 11.5-11.5.7.

$$\phi T_n \geq T_u$$

$$T_n = 0.083 \sqrt{f_c'} \left(\frac{A^2 c_p}{p_{cp}} \right)$$

dimana,

$$\phi = 0.75$$

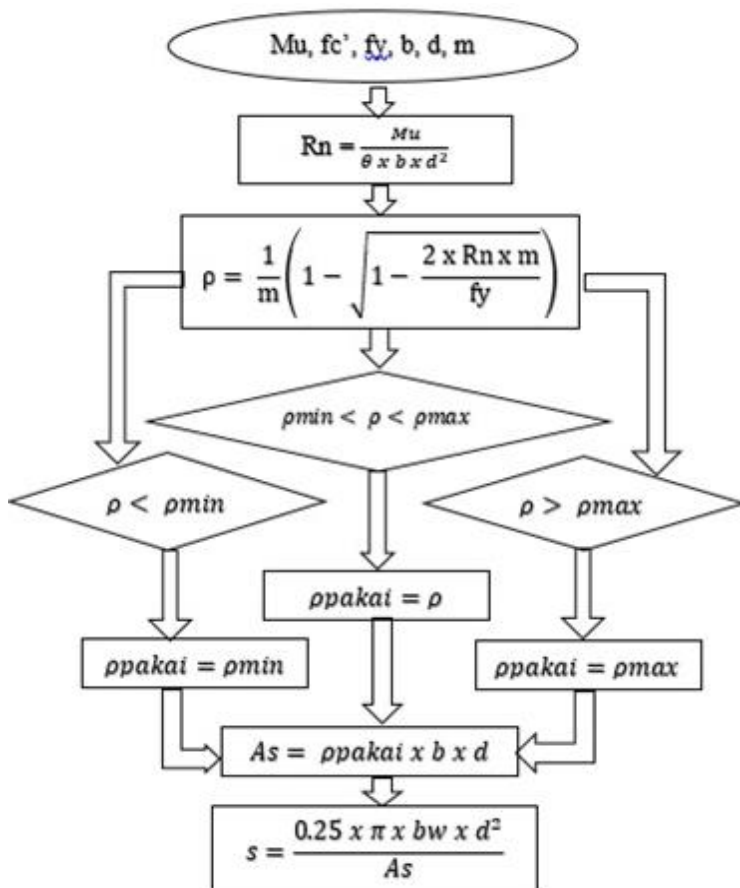
T_n = Kekuatan torsi nominal

T_u = Kekuatan torsi terfaktor

A_{cp} = Luas penampang beton

P_{cp} = Keliling penampang beton

3.11.5 Penulangan Lentur Pelat



Gambar 3. 6 Penulangan Lentur Plat.

3.11.6 Pehitungan Tulangan Susut Plat

Menurut SNI 2847:2013,Ps. 7.12. Tulangan susut harus disediakan minimum memiliki rasio luasan tulangan terhadap luasan penampang beton, dan tidak kurang dari 0.0014.

3.11.7 Perencanaan Tulangan Kolom

Detail penulangan kolom menggunakan program bantu PCACOL dan peraturan SNI 2847 : 2013,pasal 21.5 dan 21.6 mengenai komponen struktur rangka momen khusus yang dikenai beban lentur dan aksial.

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 10.9.1 luas tulangan longitudinal A_{st} untuk komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak lebih besar dari $0,08A_g$.

$$1\% < \rho < 8\%$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 10.3.6. Desain beban aksial tekan tidak lebih besar dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\Phi P_n > P_u.$$

Dimana, untuk komponen non prategang dengan tulangan pengikat (Ps. 10.3.6.2)

$$\Phi P_n = 0,8 \times \Phi (0,85 \times f_c' (A_g - A_{st}) + F_y \times A_{st})$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 12.2.3 panjang penyaluran batangan ulir dalam kondisi tarik pada kolom

$$L_d = \left(\frac{F_y \psi_t \psi_e \psi_s}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{C_b + K_{tr}}{db} \right)} \right) db$$

$$\left(\frac{Cb + Ktr}{db} \right) < 2,5$$

Dimana,

$$Ktr = 0 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.3)}$$

$$\lambda = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4)}$$

$$\psi_t = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4)}$$

$$\psi_e = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4)}$$

$$\psi_s = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4)}$$

3.12 Perencanaan Sambungan

Dengan pertimbangan keindahan berdasarkan penggunaan gedung untuk hotel, maka pemilihan tipe koneksi sambungan tugas akhir ini menggunakan koneksi korbel pada kolom dan modifikasi desain geser pada ujung balok.

3.12.1 Desain geser ujung balok

Menurut buku kim elliot, *Precast concrete structure*. Perkuatan geser diperlukan pada ujung koneksi balok, tulangan modifikasi transversal digunakan untuk memastikan penyaluran gaya geser di titik yang kritis. Detail penulangan pada desain geser ujung balok dalam hal ini disebut *bursting reinforcement* rebar dan/atau *Horizontal friction reinforcement*.

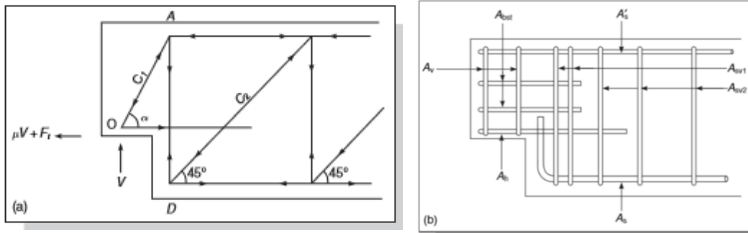
Kontrol geser

$$v = \frac{V}{bd_h} \leq 0.8\sqrt{f_{cu}} \text{ or } 5.0 \text{ N/mm}^2$$

Menurut buku kim elliot, *Precast concrete structure*. dimensi tumpuan balok yang digunakan pada kolom terbagi menjadi dua tipe sebagai berikut.

3.12.2 Shallow recess

Menurut buku kim elliot, *Precast concrete structure*. Penggunaan *Shallow recess* apabila Jarak muka kolom ke pusat *bearing* lebih kecil dari Jarak permukaan balok ke tulangan paling bawah. ($a_v > 0.6 d_h$).



Gambar 3. 7 Shallow Recess.

Gaya geser ultimate yang bekerja pada balok :

$$\begin{aligned} < C_1 = \frac{V}{\sin \alpha} & \quad C_{1,max} = 0.4f_{cu}b0.5d_h \cos \alpha \\ < C_2 = \frac{V}{\sin 45^\circ} & \quad 0.14f_{cu}bd \end{aligned}$$

Horizontal friction reinforcement disediakan dengan perhitungan sebagai berikut

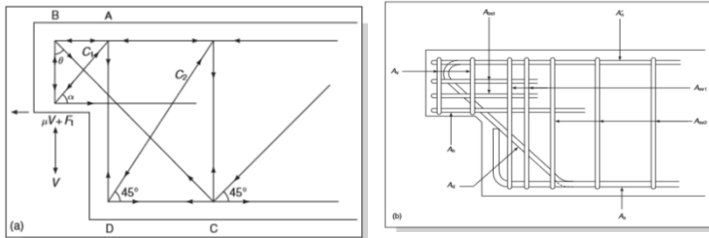
$$A_h = \frac{\mu V + F_t}{0.95f_y}$$

Kebutuhan luasan tulangan transversal:

$$A_s = \frac{C_2 \cos 45^\circ}{0.95f_y} = \frac{V}{0.95f_y}$$

$$A'_s = \frac{V \cot \alpha}{0.95 f_y}$$

3.12.3 Deep recess



Gambar 3. 8 Deep Recess.

Menurut buku kim elliot, *Precast concrete structure*. Penggunaan *Deep recess* apabila Jarak muka kolom ke pusat *bearing* lebih besar dari Jarak tinggi dari permukaan balok ke tulangan bawah. ($a_v > 0.6 d_h$) atau jarak tinggi dari permukaan balok ke tulangan paling bawah kurang dari 200mm ($d_h < 200$ mm)

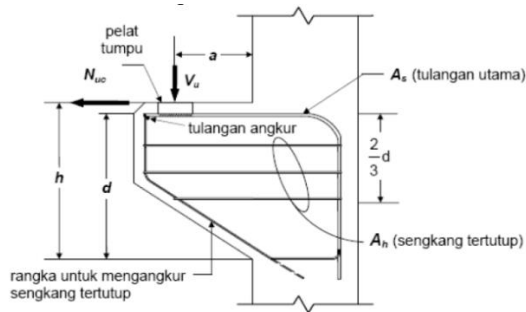
Tipe desain geser ujung balok deep recess menggunakan tambahan tulangan diagonal untuk menambah kekuatan geser dan menghindari retakan pada titik kritis,

3.13 Desain Sambungan Balok-Kolom

3.13.1 Sambungan Konsol

Sambungan ini adalah salah satu proyeksi dari kantilever dengan bentang pendek, terletak pada muka kolom dan menjadi pendukung elemen pracetak horizontal di atasnya. Sambungan ini digunakan ketika hal terkait estetika sambungan tidak di utamakan. Jarak terektif pembebanan pada beton konsol yaitu A_v

$< 0.6d$. Tebal muka konsol tidak boleh lebih setengah dari lebar bagian samping konsol menurut buku multi storey precast karya kim Elliot.



Gambar 3. 9 Sambungan Konsol

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 11.6.4.2 Kekuatan desain Penampang korbel dengan tulangan geser-friksi miring terhadap bidang geser maka

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = A_{vf} f_y (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)$$

Dimana,:

$\mu = 1,4 \lambda$ untuk beton cor monolit (SNI 2847:2013 Ps 11.6.4.3)

$\lambda = 1$ untuk beton normal (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4)

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 11.6.4.2 Perhitungan V_n tidak boleh melebihi yang terkecil dari

1. $(3,3 + 0,08f'_c) A_c$ dan $11A_c$
2. $0,2f'_c A_c$
3. $11A_c$

Dimana,:

A_c = Luas penampang beton

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 11.8.3.2 Desain tulangan geser friksi A_{vf} untuk menahan gaya V_u untuk beton normal

$$A_{vf} = \frac{V_n}{F_y \times \mu}$$

3.14 Desain Sambungan Plat-Balok dan Plat-Plat

3.14.1 Sambungan Lap Splice

Untuk menghasilkan sebuah elemen pracetak yang monolit maka penyaluran tulangan dari plat ke balok harus terintegrasi dengan baik. Sebagaimana yang di atur dalam SNI 2847 2013 pasal 7.13.1 yaitu dalam pendetailan tulangan dan sambungan, komponen struktur harus diikat secara efektif bersama untuk meningkatkan integritas struktur secara menyeluruh.

Untuk konstruksi beton pracetak menurut SNI 2847-2013 pasal 7.13.3 pengikat diatur dalam pasal 16.5 mengenai integritas struktur dan 16.6 detail sambungan dan tumpuan

3.15 Desain Bangunan Bawah

3.15.1 Perencanaan Basement

1. Penulangan dinding basement

Penulangan dinding basement dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 0-1729-2013

2. Kontrol ketebalan dinding basement

Ketebalan dinding basement dikontrol sesuai peraturan yang telah diatur dalam SNI 03-1729-2013 pasal 22.6.6.3

3.16 Kontrol Elemen Pracetak

Metode pracetak adalah salah satu metode pembuatan suatu struktur elemen bangunan yang dilakukan dengan pengawasan dan ketelitian yang tinggi. Sehingga dalam prosesnya dari awal fabrikasi, penempatan di storage serta pemasangan harus melalui beberapa control elemen guna memastikan bahwa elemen struktur tersebut dalam kondisi yang optimal saat setelah pemasangan yang disertai cor *in situ*. Berikut tabel yang menampilkan umur elemen pracetak sesuai dengan waktu.

3.16.1 Kontrol Pengangkatan

Saat umur beton memasuki umur yang ditentukan pada saat pengangkatan, maka beton pracetak harus di kontrol dalam proses pengangkatannya menuju *storage* . Hal ini dilakukan karena pada saat kondisi tersebut timbul momen.

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7\sqrt{fc' \times \text{presentase umur beton}}$$

Dimana,

σ = Tegangan terjadi

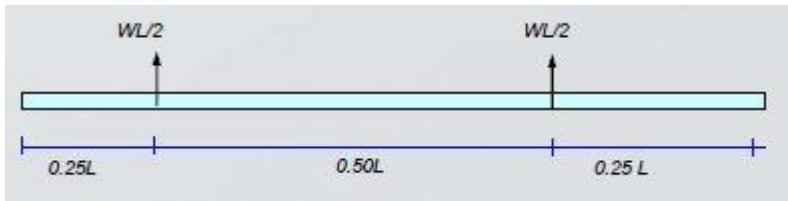
M = Momen Terjadi

W = Momen Tahanan

f_r = Kuat Tekan Beton pada umur tertentu

f_c' = Kuat Tekan Beton Rencana

Ilustrasi dari kontrol pengangkatan sebagai berikut :



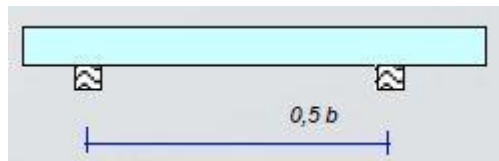
Gambar 3. 10 Contoh Pengangkatan.

3.16.2 Kontrol Penumpukan

Ketika elemen pracetak diletakan di *storage* dibutuhkan tumpuan yang nantinya akan berkaitan dengan letak penumpu dan jumlah elemen pracetak yang menumpu.

$$\sigma = \frac{M}{W} < f_r = 0,7\sqrt{f_c' \times \text{presentase umur beton}}$$

Berikut gambar ilustrasi penumpukan,



Gambar 3. 11 Contoh Penumpukan

3.16.3 Kontrol Pemasangan

Kontrol pemasangan dilakukan untuk menjamin kelurusan (alignment) yang tepat dan integritas struktur hingga sambungan permanen selesai dipasang.

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7\sqrt{fc' \times \text{presentase umur beton}}$$

Berikut gambar ilustrasi pemasangan,



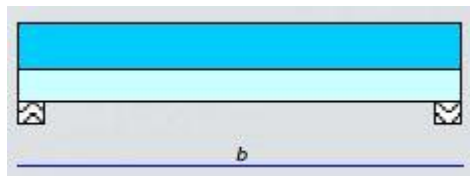
Gambar 3. 12 Contoh Pemasangan

3.16.4 Kontrol Pengecoran

Kontrol pengecoran dilakukan untuk memastikan bahwa elemen pracetak yang nantinya akan dijadikan dasar dari beton *overtopping* sanggup menahan *cor in situ*.

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7\sqrt{fc' \times \text{presentase umur beton}}$$

Berikut gambar ilustrasi pengecoran,



Gambar 3. 13 Contoh Pengecoran

BAB IV

PRELIMINARY DESAIN

4.1 Umum

4.2 Data Perencanaan

Sebelum melakukan preliminary desain maka perlu diketahui terlebih dahulu data perencanaan serta data beban yang diterima oleh gedung. Pada perencanaan tugas akhir ini dengan menggunakan gedung rumah sakit kidney centre akan dimodifikasi menggunakan beton pracetak dengan data perencanaan sebagai berikut :

Fungsi Bangunan	: Rumah Sakit
Lokasi	: Jl. Mayjen Prof.Dr. Moestopo
Jumlah Lantai	: 8 Lantai
Tinggi Bangunan	: + 32 m
Total Luas Bangunan	: 1197 m ²
Mutu Beton (Fc')	: 30 Mpa & 35 Mpa
Mutu Baja	: 390 Mpa

4.2.1 Pembebanan

Beban Mati (ASCE-7-02)

Beton bertulang	: 2400 Kg/m ³
Bata Ringan	: 575 Kg/m ³
Penggantung & Gypsum	: 11 Kg/m ²
Keramik & spesi	: 77 Kg/m ²

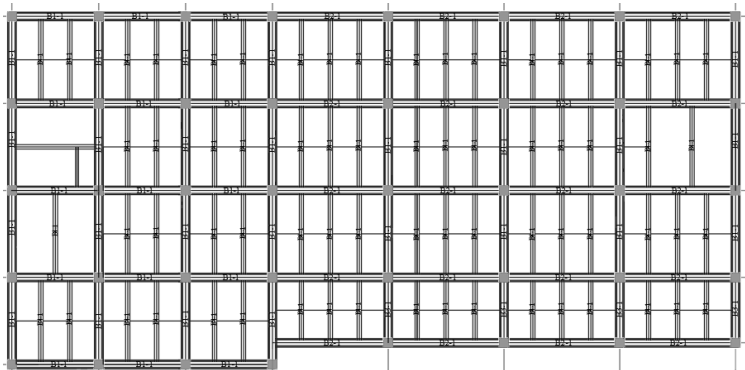
Beban Hidup (SNI 03-1727-2013)

Lantai Rumah sakit	: 192 Kg/m ³
Koridor / Ruang Tunggu	: 472 Kg/m ³

Beban Gempa berdasarkan SNI 1726 2012 serta data yang didapat dari Puskim

4.3 Perencanaan Dimensi Balok

Dalam tugas akhir ini akan digunakan balok pracetak dengan bentuk persegi. Dalam perencanaanya akan dilakukan dalam dua tahap, tahap pertama dilakukan pembuatan balok dengan sistem fabrikasi yang selanjutnya akan dilakukan penyambungan dengan menggunakan sambungan basah. Tahap kedua yaitu akan dilakukan pemasangan ke site yang selanjutnya akan dilakukan overtopping menggunakan cor in situ. Penentuan dimensi dan persyaratan balok mengacu pada SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2.1, 21.5.1.2 & 21.5.1.2.



Gambar 4. 1 Denah Pembalokan

4.3.1 Dimensi Balok Induk dan Anak

Dimensi balok induk & anak yang direncanakan diasumsikan sebagai balok sederhana dengan dua tumpuan dengan mutu beton = 30 Mpa dan mutu baja = 390 Mpa.

Balok Induk Memanjang (B1), L = 7,4 m

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{740}{16} = 46,3 \text{ cm} , \text{ jadi digunakan } h = 70 \text{ cm}$$

$$b_{min} = \frac{2}{3}L = \frac{2}{3}46,3 = 30, \text{ cm} , \text{ jadi digunakan } h = 40 \text{ cm}$$

Balok Induk Melintang (B2), L = 5,6 m

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{560}{16} = 35 \text{ cm} , \text{ jadi digunakan } h = 70 \text{ cm}$$

$$b_{min} = \frac{2}{3}L = \frac{2}{3}35 = 23,3 \text{ cm} , \text{ jadi digunakan } h = 40 \text{ cm}$$

Sehingga dalam tugas akhir ini akan direncanakan dimensi balok induk sebesar = 400 cm x 700 cm

Balok Induk Melintang (B2), L = 4 m

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{400}{16} = 25 \text{ cm} , \text{ jadi digunakan } h = 70 \text{ cm}$$

$$b_{min} = \frac{2}{3}L = \frac{2}{3}25 = 16,7 \text{ cm} , \text{ jadi digunakan } h = 40 \text{ cm}$$

Sehingga dalam tugas akhir ini akan direncanakan dimensi balok induk sebesar = 400 cm x 700 cm

Balok Anak (B3), L = 5,6 m

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{560}{16} = 30 \text{ cm} , \text{ jadi digunakan } h = 50 \text{ cm}$$

$$b_{min} = \frac{2}{3}L = \frac{2}{3}35 = 23,3 \text{ cm} , \text{ jadi digunakan } b = 30 \text{ cm}$$

Balok Anak (B4), L = 4 m

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{400}{16} = 25 \text{ cm} , \text{ jadi digunakan } h = 50 \text{ cm}$$

$$b_{min} = \frac{2}{3}L = \frac{2}{3}25 = 16,7 \text{ cm} , \text{ jadi digunakan } b = 30 \text{ cm}$$

4.4 Perencanaan Tebal Plat

Dalam perencanaan tebal plat minimum satu arah dalam tugas akhir terapan ini menggunakan persyaratan pada SNI 03-2847-2013 pasal 9.5, tabel 9.5a.

4.4.1 Data Perencanaan Tebal Plat Lantai

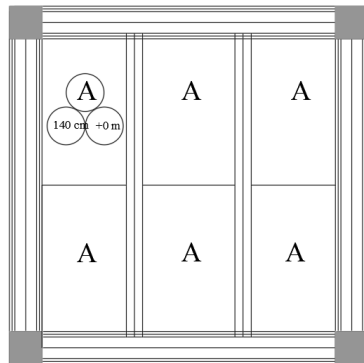
Pelat direncanakan berupa plat lantai dengan 2 tipe plat yang memiliki ukuran sebagai berikut :

Pelat Tipe A : 2700 mm x 1500 mm

Pelat Tipe B : 1955 mm x 1700 mm

Direncanakan dengan spesifikasi mutu beton 30 Mpa serta mutu baja 390 Mpa. Dalam perencanaan ini pelat berupa plat pracetak yang kemudian pada saat pemasangan dilanjutkan dengan *overlapping*.

Denah plat yang direncanakan sebagai berikut :



Gambar 4. 2 Denah Plat

Dalam tugas akhir ini, tipe plat A dengan dimensi terbesar digunakan sebagai contoh perhitungan. Sehingga nilai L_n dan S_n yaitu :

$$L_n = 7700 \text{ mm}$$

$$S_n = 2000 \text{ mm}$$

$$B = \frac{L_n}{S_n} = \frac{7700}{2000} = 3,85$$

Untuk nilai $\beta > 2$ dianggap memiliki distribusi pembebanan pelat satu arah. Sehingga diambil syarat berdasarkan SNI 2847-2013

ps. 9.5.2 tabel 9.5 (a). Untuk f_y selain 420 Mpa harus dikalikan dengan $(0,4 + F_y/700)$. Sehingga,

$$L_n = 200$$

$$h_{\min} = \frac{1}{24} \times 200 \times (0,4 + \frac{390}{700}) = 7,9 \text{ cm}$$

Tebal plat yang direncanakan 14 cm. Sehingga telah memenuhi persyaratan tebal minimum. Perincian plat pracetak sebagai berikut :

$$\text{Tebal plat pracetak} = 80 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Overtopping} = 60 \text{ mm}$$

4.5 Perencanaan Dimensi Kolom

Dalam perencanaan dimensi kolom, kolom yang ditinjau adalah kolom yang mendapatkan beban terbesar, yaitu . kolom yang memikul bentang 600 cm x 800 cm.

Kolom yang direncanakan harus mampu memikul beban aksial yang disebabkan oleh elemen lantai. Ada pun data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan dimensi kolom sebagai berikut :

- Tebal Plat $= 140 \text{ mm}$
- Tinggi per lantai $= 400 \text{ cm}$
- Dimensi Blk. Memanjang $= 400 \text{ cmm} \times 700 \text{ cm}$
- Dimensi Blk. Melintang $= 400 \text{ cmm} \times 700 \text{ cm}$

4.5.1 Pembebanan 1 Lantai

Beban Mati

- Pelat lantai $= 6 \times 8 \times 0,14 \times 2400$
 $= 16128 \text{ Kg}$
- Blk Induk Melintang $= 8 \times 0,4 \times 0,7 \times 2400$
 $= 5376 \text{ Kg}$
- Blk induk memanjang $= 6 \times 0,4 \times 0,7 \times 2400$
 $= 4032 \text{ Kg}$

- Plafon $= 6 \times 8 \times 2,7$
 $= 129,6 \text{ Kg}$
- Penggantungan Gypsum $= 6 \times 8 \times 9,76$
 $= 468,48 \text{ Kg}$
- Keramik & Spesi $= 6 \times 8 \times 110$
 $= 5280 \text{ Kg}$

Sehingga Total beban mati (DL) 8 lantai yaitu 251312,64 Kg

Beban Hidup

- Beban lantai RS $= 6 \times 8 \times 192$
 $= 9216 \text{ Kg}$

Sehingga Total beban hidup (LL) 8 lantai yaitu 73728 Kg

$$\begin{aligned}\text{Berat Total (Qu)} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 301575 + 117965 \\ &= 419539,97 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 ps. 9.3.2.2 koefisien reduksi kekuatan desain aksial tekan untuk komponen struktur yaitu 0,65. Dengan kuat tekan awal $F_c' = 35 \text{ Mpa}$.

$$A = \frac{W}{\phi \times F_c} = \frac{419539,97}{0,65 \times 350} = 1844,13173 \text{ Cm}^2$$

Apabila dimisalkan $b=h$, maka $h = 42,94 = 60 \text{ cm}$

Sehingga dimensi kolom yang direncanakan dalam tugas akhir ini yaitu $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$.

BAB V

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

5.1 Perencanaan Pelat Pracetak

Desain tebal pelat yang direncanakan dalam tugas kahir terapan ini menggunakan ketebalan 14 cm. Dengan tebal plat pracetak 8 cm dan pelat cor di tempat 6 cm. Adapun peraturan yang digunakan dalam perencanaan yaitu SNI 1727-2013. Plat yang direncanakan pada beberapa keadaan :

1. Sebelum Komposit

Keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran di mana antara komponen pracetak dengan komponen topping belum dapat menyatu dalam memikul beban.

2. Sesudah Komposit

Keadaan ini terjadi apabila toppind dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Perletakan pelat dianggap sebagai perletakan jepit-jepit

5.1.1 Penulangan Plat Pracetak

Perhitungan penulangan plat akan dilakukan dalam dua kondisi yaitu kondisi sebelum komposit dan kondisi setelah komposit. Lalu dari keduanya akan dipilih kondisi yang paling kritis, sehingga tulangan yang dipakai pada seluruh plat adalah tulangan hasil kondisi paling kritis agar memudahkan dalam pengerjaannya.

Data Perencanaan

- Tebal plat pracetak = 80 mm
- Tebal Overtopping = 60 mm
- F_c' beton = 30 Mpa

- F_y baja = 390 Mpa
- Diameter tulangan = 10 mm

Data Pembebanan

- Berat jenis beton = 2400 Kg/m³
- Dinding bata ringan = 575 Kg/m²
- Penggantung & Gypsum = 48 Kg/m²
- Keramik & Spesi = 110 Kg/m²
- Lantai rumah sakit = 192 Kg/m²
- Pekerja = 100 Kg/m²

A. Pembebanan Plat Lantai

Sebelum Komposit

Beban Mati (DL)

- Berat Sendiri = $0,08 \times 2400 = 192$ Kg/m²
- Berat Topping = $0,06 \times 2400 = 144$ Kg/m²

Beban Hidup (LL)

- Beban Pekerja = 100 Kg/m²

Kombinasi

- $Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 403 + 160 = 563$ Kg/m²

Setelah Komposit

Beban Mati (DL)

- Berat sendiri = $0,14 \times 2400 = 336$ Kg/m²
- Penggantung = 48 Kg/m²
- Dinding, Keramik = $0,15 \times 575 = 86,3$ Kg/m²
- Spesi (25 mm) = 110 Kg/m²

Beban Hidup (LL)

- Rumah sakit = 192 Kg/m²

Kombinasi

- $Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 696,3 + 307,2 = 1004$ Kg/m²

B. Penulangan Plat Lantai

Data Perencanaan

- Beban Ultimate = 563 Kg/m²
- Tebal Plat Prackt = 80 mm
- Tebal Overtopping = 60 mm
- Diameter Tulangan = 10 mm
- Tebal decking = 20 mm

Menurut SNI 2847:2013 nilai β_1 ditentukan sebesar :

Tabel 5. 1 Tabel β_1

f_c (Mpa)	28	35	42
β_1	0,85	0,8	0,75

$$\beta_1 = 0,8 + \frac{30-28}{35-28} \times 0,05 = 0,81 > 0,65$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times F_{c'} \left(\frac{600}{600+F_y} \right)}{F_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,81 \times 30}{390} \left(\frac{600}{600+390} \right) = 0,032$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,032 = 0,024$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{30} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0035$$

maka dipakai ρ_{\min} yaitu 0,0036

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_{c'}} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,3$$

Menentukan tinggi efektif,

Sebelum Komposit



$$\begin{aligned} dx &= 80 - 20 - 5 &= 55 \text{ mm} \\ dy &= 80 - 20 - 15 &= 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

Setelah Komposit

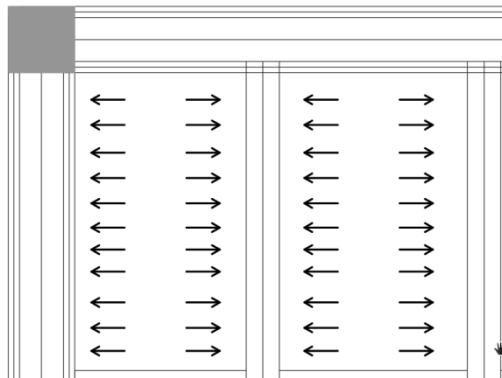


$$\begin{aligned} dx &= 140 - 20 - 5 &= 115 \text{ mm} \\ dy &= 140 - 20 - 15 &= 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

• Penulangan Sebelum Komposit

$$\frac{Ln}{Sn} = \frac{2,7}{1,8} = 1,5 \text{ Pelat satu arah}$$

Termasuk pelat satu arah karena hanya menumpu pada 2 tumpuan yang ditunjukkan seperti gambar di bawah ini



Gambar 5. 1 Plat Sebelum Komposit

Dari gambar menunjukkan konstanta untuk perhitungan momen. maksimum di sepanjang bentang pelat satu arah, maka dipilih momen yang terbesar yaitu 1/8.

$$Mu = \frac{qu \times L^2}{8} = \frac{563 \times 2,85^2}{8} = 200,6 \text{ Kgm}$$

$$Mn = \frac{200,6}{0,8} = 250,8 \quad \text{Kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{1000 \times d^2} = \frac{250800}{1000 \times 3025} = 0,08$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 0,08}{390}} \right) = 0,0002 \end{aligned}$$

Sehingga $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$
 $0,0036 < \rho_{\text{perlu}} < 0,025$
 $\rho_{\text{pakai}} = 0,0036$

$$\begin{aligned} A_{\text{asperlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 1000 \times 55 = 197 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{\text{S perlu}}}{A_{\text{S D10}}} = \frac{197}{78,5} = 3$$

Maka dipasang 4 tulangan

$$A_{\text{Spakai}} = n \times A_{\text{SD10}} = 4 \times 78,5 = 314 > 197 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.6.5 spasi tulangan lentur utama pada balok atau slab tidak melebihi tiga kali tebal.

$$S = \frac{\text{Lebar yang ditinjau}}{A_{\text{S perlu}} : A_{\text{Stul}}} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 250 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan **D10-125 mm**.

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{314}{1000 \times 55} = 0,0057 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times b \times Fc'} = \frac{314 \times 390}{0,85 \times 1000 \times 30} = 4,8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \phi \times As \times Fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 314 \times 390 \left(55 - \frac{4,8}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 515,30 \text{ Kgm} > \text{Mu}$$

OK

Cek Penampang

$$\frac{a}{d} = \frac{4,8}{55} = 0,087$$

$$\frac{c}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,81 = 0,305$$

Maka $a/d < c/d$

OK

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.12 luasan tulangan susut dan suhu untuk F_y 420 Mpa paling sedikit memiliki rasio 0,0018 terhadap luasan penampang bruto beton. Maka,

$$\begin{aligned} A_g &= A_s \text{ beton} - A_s \text{ baja} \\ &= 80000 - 197,4359 \\ &= 79802,564 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka kebutuhan luasan tulangan susut dan suhu adalah

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= 79802,564 \times 0,0018 \\ &= 143,644 \end{aligned}$$

$$N = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s d} = \frac{143,644}{78,5} = 2 \text{ dipasang 4 buah}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= n \times A_s d \\ &= 4 \times 78,5 \\ &= 314 \text{ mm}^2 > 144 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

OK

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.6.5 spasi susut pada balok atau slab tidak melebihi lima kali tebal atau lebih dari 450 mm.

$$S = \frac{\text{Lebar yang ditinjau}}{A_s \text{ perlu} : A_{stul}} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

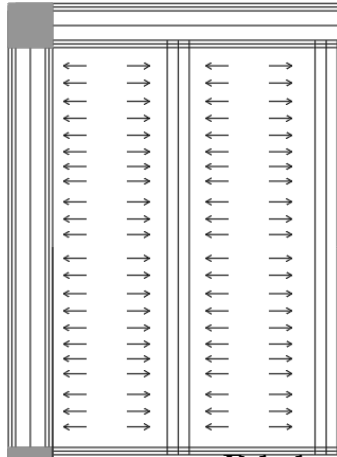
$$25 \text{ mm} < 250 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan susut **D10-150 mm**.

• Penulangan Setelah Komposit

$$\frac{L_n}{S_n} = \frac{5,7}{1,8} = 3 \quad \text{Pelat satu arah}$$

Termasuk pelat satu arah karena hanya menumpu pada 2 tumpuan yang ditunjukkan seperti gambar di bawah ini



Gambar 5. 2 Plat setelah komposit

Dari gambar menunjukan konstanta untuk perhitungan momen. maksimum di sepanjang bentang pelat satu arah, maka dipilih momen yang terbesar yaitu $1/8$.

$$Mu = \frac{qu \times L^2}{8} = \frac{1004 \times 5,7}{8} = 714,994 \quad \text{Kgm}$$

$$Mn = \frac{714,994}{0,8} = 893,74 \quad \text{Kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{1000 \times d^2} = \frac{893742,1875}{1000 \times 13225} = 0,0676$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 0,067}{390}} \right) = 0,0003 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \\ 0,0036 &< \rho_{\text{perlu}} < 0,024 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 1000 \times 115 = 413 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{\text{S perlu}}}{A_{\text{S D10}}} = \frac{413}{78,5} = 5,26$$

Maka dipasang 6 tulangan

$$A_{\text{Spakai}} = n \times A_{\text{SD10}} = 6 \times 78,5 = 471 > 413 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.6.5 spasi tulangan lentur utama pada balok atau slab tidak melebihi tiga kali tebal.

$$S = \frac{\text{Lebar yang ditinjau}}{A_{\text{S perlu}} : A_{\text{Stul}}} = \frac{1000}{6} = 167 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 167 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan **D10-150 mm**.

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{471}{1000 \times 115} = 0,0041 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times b \times F_c'} = \frac{471 \times 390}{0,85 \times 1000 \times 30} = 7,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \mu &= \phi \times A_s \times F_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 471 \times 390 \left(115 - \frac{7,2}{2} \right) \\ &= 1637,02 \text{ Kgm} > \mu_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Cek Penampang

$$\frac{a}{d} = \frac{7,2}{55} = 0,063$$

$$\frac{c}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,81 = 0,305$$

$$\text{Maka } a/d < c/d \quad \text{OK}$$

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.12 luasan tulangan susut dan suhu untuk F_y 420 Mpa paling sedikit memiliki rasio 0,0018 terhadap luasan penampang bruto beton. Maka,

$$\begin{array}{lll} A_g & = A_{\text{beton}} & - \quad A_{\text{baja}} \\ & = 60000 & - \quad 412,82051 \end{array}$$

$$= 59587,179 \text{ mm}^2$$

Maka kebutuhan luasan tulangan susut dan suhu adalah

$$As \text{ perlu} = 59587,179 \times 0,0018$$

$$= 107,25$$

$$N = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ d}} = \frac{107}{78,5} = 1 \text{ dipasang 2 buah}$$

$$As \text{ pakai} = n \times As \text{ d}$$

$$= 2 \times 78,5$$

$$= 157 \text{ mm}^2 > 107 \text{ mm}^2$$

OK

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.6.5 spasi susut pada balok atau slab tidak melebihi lima kali tebal atau lebih dari 450 mm.

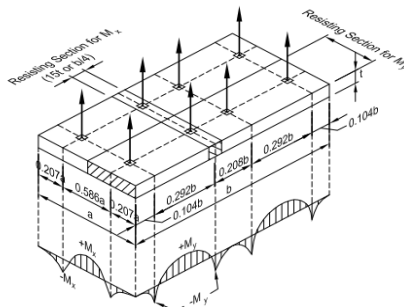
$$S = \frac{\text{Lebar yang ditinjau}}{As \text{ perlu} : Astul} = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 250 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan susut **D10-150 mm**.

• Penulangan Pengangkatan

Menurut buku "precast and prestressed concrete" tulangan yang diberikan pada komponen struktur harus mampu menahan momen yang terjadi saat pengangkatan.



Gambar 5. 3 Momen Pengangkatan

$$+M_x = -$$

$$0.0107 w a^2 b$$

$$M_x =$$

$$\begin{aligned}
+M_y = -M_y &= 0,0107 \text{ w a b}^2 \\
a &= 1,8 \text{ m} \\
b &= 2,85 \text{ m} \\
\text{Tebal} &= 0,08 \text{ m} \\
W &= \text{Tebal Plat} \times \text{Bj Beton} \\
&= 0,08 \times 2400 \\
&= 192 \text{ Kg/m}^2 \\
+M_x = -M_x &= 0,0107 \text{ w a}^2 b \\
&= 0,0107 \times 192 \times 3 \times 3 \\
&= 18,97 \text{ Kgm} \\
+M_y = -M_y &= 0,0107 \text{ w a b}^2 \\
&= 0,0107 \times 192 \times 2 \times 8,12 \\
&= 30,036
\end{aligned}$$

• **Penulangan Momen Arah X (Arah pendek)**

$$M_n = \frac{18,97}{0,8} = 23,7 \quad \text{Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{1000 \times d^2} = \frac{237129,12}{1000 \times 3025} = 0,0784$$

$$\begin{aligned}
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times 0,0784}{F_y}} \right) \\
&= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 0,0784}{390}} \right) = 0,0002
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Sehingga} \quad \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
0,0036 &< \rho_{\text{perlu}} < 0,025 \\
\rho_{\text{pakai}} &= 0,0036
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{\text{asperlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
&= 0,0036 \times 1000 \times 55 = 197 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{\text{S perlu}}}{A_{\text{S D10}}} = \frac{197}{78,5} = 2,52$$

Maka dipasang 4 tulangan

$$AS_{pakai} = n \times AS_{D10} = 3 \times 78,5 = 236 > 197 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.6.5 spasi tulangan lentur utama pada balok atau slab tidak melebihi tiga kali tebal.

$$S = \frac{\text{Lebar yang ditinjau}}{As \text{ perlu} : Astul} = \frac{1000}{3} = 333,3 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 333 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan **D10-125 mm**.

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{235,5}{1000 \times 55} = 0,0043 > \rho_{perlu}$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times b \times Fc'} = \frac{235,5 \times 390}{0,85 \times 1000 \times 30} = 3,6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \phi \times As \times Fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 235,5 \times 390 \left(55 - \frac{3,6}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 390,89 \text{ Kgm} > Mu$$

OK

• Penulangan Momen Arah Y (Arah Panjang)

$$Mn = \frac{78,5}{0,8} = 98,1 \quad \text{Kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{1000 \times d^2} = \frac{981250}{1000 \times 2025} = 0,48$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 0,4857}{390}} \right) = 0,00085 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga} \quad \rho_{min} &< \rho_{perlu} < \rho_{max} \\ 0,0036 &< \rho_{perlu} < 0,025 \\ \rho_{pakai} &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$As_{perlu} = \rho_{pakai} \times b \times d$$

$$= 0,0036 \times 1000 \times 45 = 161,54 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{AS \text{ perlu}}{AS_{D10}} = \frac{161,54}{78,5} = 2,52$$

Maka dipasang 3 tulangan

$$AS_{\text{pakai}} = n \times AS_{D10} = 3 \times 78,5 = 236 > 162 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{235,5}{1000 \times 45} = 0,0052 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times b \times Fc'} = \frac{235,5 \times 390}{0,85 \times 1000 \times 30} = 3,6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \emptyset \times As \times Fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 235,5 \times 390 \left(45 - \frac{3,6}{2} \right) \\ &= 317,41 \text{ Kgm} > Mu \quad \quad \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.6.5 spasi tulangan lentur utama pada balok atau slab tidak melebihi tiga kali tebal.

$$S = \frac{\text{Lebar yang ditinjau}}{As \text{ perlu} : Astul} = \frac{1000}{3} = 333,3 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 333 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan **D10-125 mm**.

C. Penyaluran Tulangan Pelat

Menurut SNI 2847:2013 Ps.21.7.5 panjang penyaluran untuk batang tulangan dalam kondisi tarik lurus pada beton normal yaitu nilai terbesar dari tiga persamaan berikut ini:

$$1) \quad L_{dh} = \frac{Fy \times db}{5,4 \times Fc} = \frac{390 \times 10}{5,4 \times \sqrt{30}} = 131 \text{ mm}$$

$$2) \quad L_{dh} > = 150 \text{ mm}$$

$$3) \quad L_{dh} > 8 \times db = 8 \times 10 = 80 \text{ mm}$$

Sehingga, diambil nilai terbesar yaitu **= 150 mm**

Pada metode pracetak harus memperhatikan distribusi gaya dalam pada komponen pracetak dengan lapisan toppingnya. Sehingga, penyaluran gaya geser horizontal harus dipastikan pada permukaan kontak elemen yang dihubungkan.

$$V_u = 44,1 \text{ Kn} \quad (\text{SAP 2000})$$

Menurut SNI 2847:2013 ps. 17.5.3 Desain penampang yang dikenai geser horizontal :

$$V_{nh} = 0,55 \times b_v \times d$$

$$V_{nh} = 0,55 \times 2200 \times 45$$

$$= 54450 \text{ N} = 54,5 \text{ kN} > 44,1 \text{ Kn}$$

- **Cek Plat Sebagai Diafragma**

Menurut SNI 21.11.6 tebal slab diafragma pada komposit tidak boleh kurang dari 50 mm

Tebal plat perencanaan sebesar 60 mm > 50 mm (OK)

Menurut SNI 21.11.7.1 Rasio tulangan minimum untuk diafragma struktur memenuhi 7.12 . Sehingga penulangan komposit disamakan dengan tulangan pracetak yaitu D10-150 (Lentur) & D10-200 (Susut)

Menurut SNI 2847 2013 Ps. 21 .11.9.1 V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi:

$$V_n = A_{cv} (0,17\lambda\sqrt{F_c'} + \rho_t f_y)$$

$$= 60 \times 7400 (0,17 \times 1 \times \sqrt{30} + ((1/4 \times 3,14 \times 10^2)/(60 \times 7400) \times 390)$$

$$= 444000 (0,9 + (78,5/444000) \times 390)$$

$$= 430215 \text{ N} = 430,215 \text{ Kn} > V_u \quad (\text{ OK })$$

Menurut SNI 2847 2013 ps. 21.11.9.2 V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi :

$$\begin{aligned} V_n &= 0,66 \times A_{cv} \times \sqrt{30} \\ &= 0,66 \times 444000 \times 5,4 \\ &= 1438,560 \text{ Kn} > V_u \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847 2013 ps. 21.11.9.3 V_n diafragma struktur tidak boleh melebihi :

$$\begin{aligned} \mu &= 1,4\lambda \\ V_n &= A_{vy} \times \mu \times F_y \\ &= 1884 \times 1,4 \times 390 \\ &= 1028,664 \text{ Kn} > V_u \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

D. Kontrol Lendutan Plat

Data perencanaan

Panjang Balok	= 2,85 m
Berat Sendiri	= 547 Kg/m ² (sblm Komposit)
$W = 1,2 \times Q_d$	= 657 Kg/m ² (sblm Komposit)
Berat Sendiri	= 958 Kg/m ² (stlh Komposit)
$W = 1,2 \times Q_d$	= 1149 Kg/m ² (stlh Komposit)
$F_{ci} \text{ (3 hari)} = 19,5 \text{ Mpa}$	= 191 N/mm ²
E	= 20754,638 N/mm ²
$I_x \text{ (Sebelum Komposit)}$	= 1166400000 N/mm ²
$I_x \text{ (Setelah Komposit)}$	= 6517000000 N/mm ²

• Sebelum Komposit

Perhitungan Lendutan

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{2850}{360} = 7,92 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\Delta &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} \\ &= \frac{5 \times 6,57 \times 2850^4}{384 \times 20754,64 \times 121600000} \\ &= 2,24 \text{ mm} < \Delta_{ijin} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

• **Setelah Komposit**

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{2850}{360} = 7,92 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\Delta &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} \\ &= \frac{5 \times 11,4912 \times 2850^4}{384 \times 20754,64 \times 651700000} \\ &= 0,73 \text{ mm} < \Delta_{ijin} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

1) Penulangan Angkur Plat

SNI 2847 2013 pada lampiran D dijelaskan bahwa dalam pendesainan tulangan angkur, tarik pada angkur harus lebih kecil dibanding kekuatan nominal.

- Tulangan angkur = 13 mm
- Jumlah angkur = 4 buah
- Faktor sling 60° = 1,16
- Faktor kejut = 1,5

Perhitungan beban

$$\begin{aligned}W &= \text{berat jenis} \times t \times b \times l \\ &= 2400 \times 0,08 \times 1,55 \times 2,7 = 803,52 \text{ Kg} \\ W' &= 803,52 \times 1,16 \times 1,5 = 1398,1 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Dengan asumsi, jika setiap tulangan angkur dapat menerima beban total pada komponen pracetak, sehingga :

$$N_n = \frac{W}{n} = \frac{1398,1}{4} = 349,525 \text{ Kg}$$

Menurut metode ASD untuk tegangan ijin dasar pada baja menggunakan perhitungan $2/3 F_y$, maka:

$$F_{uta} = (2/3) \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

Menurut SNI 2847:2013 ps. D.5.1.2 untuk F_{uta} tidak boleh melebihi yang paling kecil dari

$$F_{uta} = 1,6 \times F_y = 1,6 \times 390 = 624 \text{ Mpa}$$

$$F_{uta} = 860 \text{ Mpa}$$

Sehingga dipilih $F_{uta} = 260 \text{ Mpa}$

$$N_{sa} = A_{se} \times F_{uta} = 133 \times 260$$

$$= 34580 \text{ N} = 34580 \text{ Kg} > N_n$$

Kedalaman angkur dalam beton sebagai pencegahan dalam keadaan tarik, sehingga :

$$K_c = 10 \text{ (Angkur cor di dalam)}$$

$$h_{ef,1.5} = \frac{N_n}{K_c \times \sqrt{F_{ci}}} = \frac{349,525}{10 \times \sqrt{12}} = 10,08 \text{ mm}$$

Maka digunakan, $h_{ef} = \mathbf{30 \text{ mm}}$

Menurut PCI panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi ssat beton terjadi jebol, dipilih yang terbesar dari :

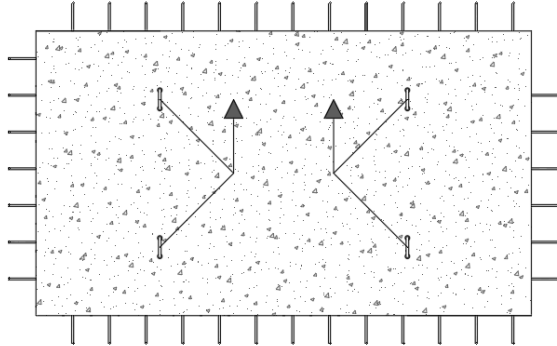
$$d_e = h_{ef} / \tan 35^\circ = 42,84 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5 \times h_{ef} = 64,26 \text{ mm}$$

Maka digunakan, $d_e = 65 \text{ mm}$

2) Kontrol Plat Pracetak

• Kontrol Pengangkatan



Gambar 5. 4 Plat saat pengangkatan

$$F_{ci} \text{ (3 hari) } = 12 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 0,7 \times \sqrt{F_{ci}} = 2,42 \text{ Mpa} = 24,2 \text{ Kg/cm}^2$$

Pembebanan

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$\text{Faktor tali sling} = 1,16$$

$$- Q_{dl} = B_j \times t = 2400 \times 0,08 = 192 \text{ Kg/m}^2$$

$$- Q_u = 1,2 \times Q_{dl} = 1,2 \times 192 = 230 \text{ Kg/m}^2$$

$$- Q_u \text{ (terfaktor)} = 230,4 \times 1,5 \times 1,16 = 401 \text{ Kg/m}^2$$

$$- Q \text{ per titik} = \frac{401}{4} = 100 \text{ Kg/m}^2$$

Perhitungan momen

$$\begin{aligned} +M_x = -M_x &= 0,0107 \times Q \times a^2 \times b \\ &= 0,0107 \times 100 \times 2,4 \times 2,7 \\ &= 7 \text{ Kgm} = 695,64 \text{ Kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} +M_x = -M_x &= 0,0107 \times Q \times a \times b^2 \\ &= 0,0107 \times 100 \times 5,5 \times 7,29 \\ &= 12,12 \text{ Kgm} = 1211,75 \text{ Kgcm} \end{aligned}$$

Momen Tahanan,

$$W_y = \frac{a}{2} \times \frac{t^2}{6} = \frac{1,55}{2} \times \frac{0,006}{6} = 826,67 \text{ cm}^3$$

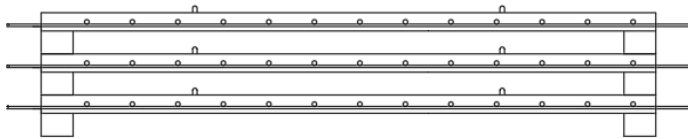
$$W_x = \frac{b}{2} \times \frac{t^2}{6} = \frac{2,7}{2} \times \frac{0,006}{6} = 1440 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{Mx}{Wx} = \frac{695,6}{1440} = 0,48 \text{ Kg/cm}^2 < Fr$$

$$\sigma_x = \frac{My}{Wy} = \frac{1211,8}{826,67} = 1,47 \text{ Kg/cm}^2 < Fr$$

• Kontrol Penumpukan



Gambar 5. 5 Plat saat penumpukan

$$F_{ci} \text{ (3 hari)} = 12 \text{ Mpa}$$

$$Fr = 0,7 \times \sqrt{F_{ci}} = 2,42 \text{ Mpa} = 24,2 \text{ Kg/cm}^2$$

Pembebanan

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$\begin{aligned} - \text{ Qdl} &= B_j \times t \times b \\ &= 2400 \times 0,08 \times 1,5 = 298 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

$$- \text{ Qu} = 1,2 \times \text{Qdl} = 1,2 \times 298 = 357 \text{ Kg/m}$$

$$- \text{ Qu (terfaktor)} = 357 \times 1,5 = 536 \text{ Kg/m}$$

$$- \text{ Pu (terfaktor)} = 250 \times 1,5 = 375 \text{ Kg/m}$$

$$- \text{ Penumpu} = 2 \text{ buah}$$

Perhitungan momen

$$\begin{aligned}\text{Mulap} &= \frac{Qu \times L^2}{8} + \frac{Pu \times L}{4} \\ &= \frac{536 \times 1,82}{8} + \frac{375 \times 1,35}{4} = 248,6 \text{ Kgm}\end{aligned}$$

Momen Tahanan,

$$W = \frac{a \times t^2}{6} = \frac{1,5 \times 0,006}{6} = 1653,33 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{Mx}{Wx} = \frac{24859,7}{1653,3} = 15,036 \text{ Kg/cm}^2 < Fr \quad \text{OK}$$

Jumlah Tumpukan

Jumlah tumpukan yang mampu diterima, Digunakan kayu dengan ukuran 15/20 untuk penumpu pelat pracetak, maka luas bidang kontak yaitu

$$A = 150 \times 300 = 45000 \text{ mm}^2$$

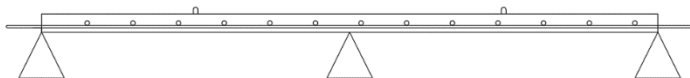
$$\begin{aligned}P &= 2400 \times 5,6 \times 0,3 \times 0,36 \\ &= 1452 \times 1,2 = 1741,8 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$F = \frac{P}{A} = \frac{1741,8}{180000} = 0,01 \text{ Kg/mm}^2 = 1 \text{ Mpa}$$

Maka jumlah penumpukan

$$n = \frac{Fci}{F \times Sf} = \frac{24,25}{1 \times 4} = 6 \text{ tumpukan}$$

• Kontrol Pemasangan



Gambar 5. 6 Plat saat pemasangan

$$Fci (7 \text{ hari}) = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$Fr = 0,7 \times \sqrt{Fci} = 3,09 \text{ Mpa} = 30,9 \text{ Kg/cm}^2$$

Pembebanan

Faktor kejut = 1,5

- Qdl = $B_j \times t \times b$
= $2400 \times 0,08 \times 1,5 = 298 \text{ Kg/m}$
- Qu = $1,2 \times Qdl = 1,2 \times 298 = 357 \text{ Kg/m}$
- Qu (terfaktor) = $357 \times 1,5 = 536 \text{ Kg/m}$
- Pu (terfaktor) = $250 \times 1,5 = 375 \text{ Kg/m}$
- Beban Pekerja = 250 Kg/m

Perhitungan momen

$$\begin{aligned} \text{Mulap} &= \frac{Qu \times L^2}{8} + \frac{Pu \times L}{4} \\ &= \frac{536 \times 7,29}{8} + \frac{375 \times 2,7}{4} = 741,3 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Momen Tahanan,

$$W = \frac{a \times t^2}{6} = \frac{1,5 \times 0,006}{6} = 1653,33 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{Mx}{Wx} = \frac{74126,3}{1653,3} = 44,83 \text{ Kg/cm}^2 < Fr \quad \text{N.OK}$$

Dikarenakan tegangan beton yang terjadi melebihi modulus kehancuran beton, maka ditambah 1 perancah di tengah bentang.

Perhitungan momen

$$\begin{aligned} \text{Mulap} &= \frac{Qu \times L^2}{8 \times 4} + \frac{Pu \times L}{4 \times 2} \\ &= \frac{536 \times 7,29}{8 \times 4} + \frac{375 \times 2,7}{4 \times 2} = 248,67 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Momen Tahanan,

$$W = \frac{a \times t^2}{6} = \frac{0,3 \times 0,13}{6} = 6480 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{Mx}{Wx} = \frac{2486,7}{1653,3} = 1,504 \text{ Kg/cm}^2 < Fr \quad \text{OK}$$

- **Kontrol Pengecoran**

$$F_{ci} \text{ (3 hari) } = 12 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 0,7 \times \sqrt{F_{ci}} = 2,42 \text{ Mpa} = 24,2 \text{ Kg/cm}^2$$

Pembebanan

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$- Q_u = 521$$

$$- Q_u \text{ (terfaktor)} = 521 \times 1,5 = 625 \text{ Kg/m}$$

$$- P_u \text{ (terfaktor)} = 250 = 250 \text{ Kg/m}$$

Perhitungan momen

$$\begin{aligned} \text{Mulap} &= \frac{Q_u \times L^2}{8 \times 4} + \frac{P_u \times L}{4 \times 2} \\ &= \frac{625 \times 7,29}{8 \times 4} + \frac{250 \times 2,7}{4 \times 2} = 226,7 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Momen Tahanan,

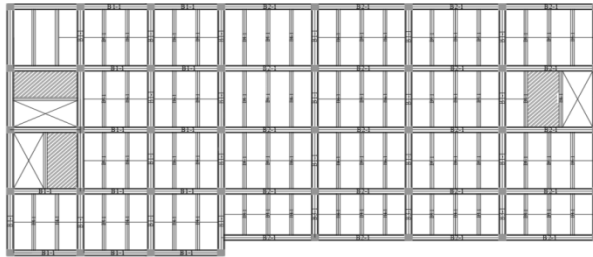
$$W = \frac{a \times t^2}{6} = \frac{1,55 \times 0,006}{6} = 1653,3 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{2267}{1653,3} = 13,71 \text{ Kg/cm}^2 < F_r \quad \text{OK}$$

5.2 Perencanaan Plat Konvensional

Dalam tugas akhir ini ada beberapa plat yang di cor menggunakan metode konvensional, hal ini dikarenakan dimensi plat tersebut sedikit sehingga tidak dimungkinkan apabila di buat menggunakan metode pracetak. Berikut gambar denah plat konvensional yang ditunjukkan dengan arsiran :



Gambar 5. 7 Denah Plat Konvensional

$$\text{Rasio Plat} = \frac{Ln}{Sn} = \frac{5400}{2550} = 2,12 \quad (\text{Satu Arah})$$

Data Perencanaan

- Tebal plat pracetak = 80 mm
- Tebal Overtopping = 60 mm
- F_c' beton = 35 Mpa
- F_y baja = 390 Mpa
- Diameter tulangan = 10 mm

Data Pembebanan

- Berat jenis beton = 2400 Kg/m²
- Dinding bata ringan = 575 Kg/m²
- Penggantung & Gypsum = 48 Kg/m²
- Keramik & Spesi = 110 Kg/m²
- Lantai rumah sakit = 479 Kg/m²
- Pekerja = 100 Kg/m²

A. Pembebanan Plat Lantai

Beban Mati (DL)

- Berat sendiri $= 0,14 \times 2400 = 336 \text{ Kg/m}^2$
- Penggantung $= 48 \text{ Kg/m}^2$
- Dinding, Keramik $= 0,15 \times 575 = 86,3 \text{ Kg/m}^2$
- Spesi (25 mm) $= 110 \text{ Kg/m}^2$

Beban Hidup (LL)

- Rumah sakit $= 479 \text{ Kg/m}^2$

Kombinasi

- $Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 696,3 + 479 = 1407,9 \text{ Kg/m}^2$

B. Penulangan Lentur Plat

Menentukan tinggi efektif

$$d = 140 - 20 - 8 = 112 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times F_c'}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,81 \times 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0,032$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,032 = 0,024$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F_c'}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{30} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0035$$

maka dipakai ρ_{\min} yaitu 0,0036

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_c'} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,3$$

$$M_u = \frac{q_u \times l^2}{8} = \frac{1407,9 \times 29,2}{8} = 5131,8 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{6414744,38}{1000 \times 12544} = 5,114$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 5,11}{390}} \right) = 0,014\end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \\ 0,0036 &< \rho_{\text{perlu}} < 0,024 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0,0148\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As}_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0148 \times 1000 \times 112 = 1655,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{1000 - 40 - 110}{4} = 217,5 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 217,5 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan **D16 - 200**

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.12 luasan tulangan susut dan suhu untuk F_y 420 Mpa paling sedikit memiliki rasio 0,0018 terhadap luasan penampang bruto beton. Maka,

$$\begin{aligned}\text{Ag} &= \text{As beton} - \text{As baja} \\ &= 140000 - 1657,6 \\ &= 138342,4 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Maka kebutuhan luasan tulangan susut dan suhu adalah

$$\begin{aligned}\text{As}_{\text{perlu}} &= 138342,4 \times 0,0018 \\ &= 249,01632 \\ &= 249 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{OK}\end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.6.5 spasi susut pada balok atau slab tidak melebihi lima kali tebal atau lebih dari 450 mm.

Kontrol jarak tulangan

$$S = \frac{\text{lebar yang ditinjau}}{\text{As}_{\text{perlu}} / \text{As}_{\text{tul}}} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

25 mm < 250 mm < 450 mm

Sehingga digunakan tulangan susut **D16-150 mm**.

5.3 Rekapitulasi Tulangan

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Tulangan Plat

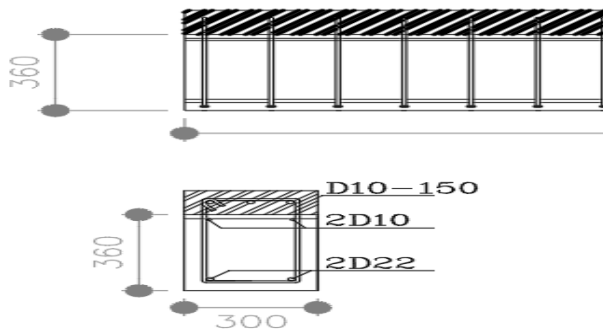
Tipe	Tulangan Lentur		Tulangan Susut	
A	Sebelum Komposit			
	197	mm2	144,0	mm2
	D10-150		D10-200	
	Sebelum Komposit			
	413	mm2	107,0	mm2
	D10-150		D10-200	
B	Sebelum Komposit			
	197	mm2	144,0	mm2
	D10-150		D10-200	
	Sebelum Komposit			
	413	mm2	107,0	mm2
	D10-150		D10-200	
C	Sebelum Komposit			
	197	mm2	144,0	mm2
	D10-150		D10-200	
	Sebelum Komposit			
	413	mm2	107,0	mm2
	D10-150		D10-200	
Konv				
	1655,8	mm2	249,0	mm2
	D16-100		D16-200	

Sehingga untuk plat pracetak digunakan tulangan setelah komposit dengan konfigurasi **Tulangan Lentur [D10-150], Tulangan Susut [D10-150]**.

Sedangkan untuk plat konvensional digunakan tulnagan dengan konfigurasi **Tulangan Lentur [D16-150], Tulangan Susut [D16-200]**.

5.4 Balok Anak

Dalam perhitungan penulangan pada balok anak melalui tiga tinjauan keadaan yaitu sebelum komposit, sesudah komposit dan pengangkatan komponen pracetak.



Gambar 5. 8 Balok Anak

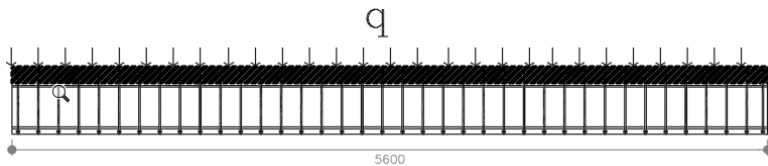
Pada balok pracetak digunakan tulangan ditengah penampang untuk pengekan tulangan geser saat proses fabrikasi dan menambah gaya tarik pada proses pengangkatan balok anak ke lokasi pemasangan.

Data Perencanaan

- $l = 5600 \text{ mm}$ Tul. Lentur $= 25 \text{ mm}$
- $B_w = 300 \text{ mm}$ Tul. Geser $= 13 \text{ mm}$
- $D1 = 360 \text{ mm}$ $F_c' \text{ beton} = 30 \text{ Mpa}$
- Decking $= 40 \text{ mm}$ $F_y \text{ baja} = 390 \text{ Mpa}$
- $B. \text{ Hidup} = 192 \text{ kg/m}^2$ BJ beton $= 2400 \text{ Kg/m}^3$

3) Pembebanan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah beban sendiri pada balok anak dan distribusi beban merata dari pelat dengan kondisi sebelum komposit atau sesudah komposit.



Gambar 5. 9 Pembebanan Balok Anak

Distribusi pembebanan sebelum komposit merupakan pelat satu arah, dengan demikian beban yang terjadi adalah persegi panjang yaitu terbagi menjadi dua.

• Sebelum Komposit

Beban Mati

- Berat sendiri $= 2400 \times 0,3 \times 0,36 = 259,2 \text{ Kg/m}$
- Berat pelat $= 2400 \times 0,08 \times 2 = 384 \text{ Kg/m}$
- Beban total (DL + 10%) $= 707,5 \text{ Kg/m}$

Beban Hidup

- Beban hidup $= 192 \times 2,8 = 537,6 \text{ Kg/m}$
- Beban total (LL) $= 537,6 \text{ Kg/m}$

$$Q_u = 1,2 \times DL + 1,6 LL$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \times 1200 + 1,6 \times 538 &= 2300,2 \text{ Kg/m} \\
 \text{MuLap} &= \frac{qu \times l^2}{8} = \frac{2300,2 \times 31,4}{8} &= 9016,6 \text{ Kgm} \\
 \text{Mutump} &= \frac{qu \times l^2}{16} = \frac{2300,2 \times 31,4}{16} &= 4508,3 \text{ Kgm} \\
 \text{Vu} &= \frac{qu \times l}{2} = \frac{2300,2 \times 5,6}{2} &= 6440,4 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

• Setelah Komposit

Beban Mati

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat sendiri} &= 2400 \times 0,3 \times 0,5 &= 360 \text{ Kg/m} \\
 - \text{ Berat pelat} &= 2400 \times 0,14 \times 2,8 &= 941 \text{ Kg/m} \\
 \text{Beban total (DL + 10\%)} &&= 1431 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup

$$\begin{aligned}
 - \text{ Beban hidup} &= 192 \times 2,8 &= 538 \text{ Kg/m} \\
 \text{Beban total (LL)} &= &= 538 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Qu} &= 1,2 \times \text{DL} + 1,6 \times \text{LL} \\
 &= 1,2 \times 1431 + 1,6 \times 538 &= 2577,2 \text{ Kg/m} \\
 \text{MuLap} &= \frac{qu \times l^2}{10} = \frac{2577,2 \times 31,4}{10} &= 8082,1 \text{ Kgm} \\
 \text{Mutump} &= \frac{qu \times l^2}{16} = \frac{2577,2 \times 31,4}{16} &= 5051,3 \text{ Kgm} \\
 \text{Vu} &= \frac{qu \times l}{2} = \frac{2577,2 \times 5,6}{2} &= 7216,2 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

4) Penulangan Lentur

Menentukan tinggi efektif,

• Sebelum Komposit

$$d = 360 - 40 - 11 - 10 = 299 \text{ mm}$$

• Setelah Komposit

$$d = 500 - 40 - 11 - 10 = 439 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times F_c'}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,81 \times 30}{390} \left(\frac{600}{600+390} \right) = 0,032$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,032 = 0,024$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{30} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0035$$

maka dipakai ρ_{\min} yaitu 0,0036

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_{c'}} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,3$$

• Sebelum Komposit

Tulangan Lapangan

$$M_u = 9016,6 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{b \times d^2} = \frac{11270784}{300 \times 123904} = 4,202$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 4,2}{390}} \right) = 0,0118 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0036 &< \rho_{\text{perlu}} < 0,024 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0,0118 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0118 \times 300 \times 299 = 1062,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan

$$n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{S \text{ D16}}} = \frac{1062}{379,94} = 2,8$$

Maka dipasang 3 tulangan

$$A_{\text{pakai}} = n \times A_{S \text{ D22}} = 4 \times 380 = 1519,8 > 1062,84 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan

$$S = \frac{\text{Lebar-decking-diameter tul.pakai}}{\text{tul.pakai}-1}$$
$$= \frac{300-80-88}{3} = 44 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 44 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{1519,76}{300 \times 299} = 0,0169 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times b \times Fc'} = \frac{1519,76 \times 390}{0,85 \times 300 \times 30} = 77,5 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi \times As \times Fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$
$$= 0,8 \times 1519,8 \times 390 \left(299 - \frac{77,5}{2} \right)$$
$$= 12340,67 \text{ Kgm} > Mu \quad \text{OK}$$

Cek Penampang

$$\frac{a}{d} = \frac{77,5}{299} = 0,259$$

$$\frac{c}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,81 = 0,305$$

$$\text{Maka } a/d < c/d \quad \text{OK}$$

Sehingga diigunakan tulangan **3D22**.

• Tulangan Tumpuan

$$Mu = 4508,3 \text{ Kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{5635392}{300 \times 89401} = 2,1$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}} \right)$$
$$= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 2,1}{390}} \right) = 0,0056$$

Sehingga $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$
 $0,0036 < \rho_{\text{perlu}} < 0,024$
 $\rho_{\text{pakai}} = 0,0056$

$$A_{\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0,0056 \times 300 \times 299 = 505,01 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan

$$n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{D22}} = \frac{505,01}{379,94} = 1,33$$

Maka dipasang 2 tulangan

$$A_{\text{pakai}} = n \times A_{D22} = 2 \times 380 = 760 > 505,01 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan

$$S = \frac{\text{Lebar-decking-diameter tul.pakai}}{\text{tul.pakai}-1}$$

$$= \frac{300-80-66}{3} = 77 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 77 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{1139,82}{300 \times 299} = 0,0127 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times b \times F_c'} = \frac{1139,82 \times 390}{0,85 \times 300 \times 30} = 58,1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \phi \times A_s \times F_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 1139,82 \times 390 \left(299 - \frac{58,1}{2} \right) \\ &= 9599,91 \text{ Kgm} > M_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Cek Penampang

$$\frac{a}{d} = \frac{58,1}{299} = 0,1943$$

$$\frac{c}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,81 = 0,305$$

Maka $a/dt < c/dt$

OK

Sehingga digunakan tulangan **2D22**.

Setelah Komposit

• Tulangan Lapangan

$$Mu = 8082,1 \text{ Kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{10102686,7}{300 \times 129600} = 2,6$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 2,6}{390}} \right) = 0,007\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga } \rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \\ 0,0036 &< \rho_{\text{perlu}} < 0,024 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0,007\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Asperlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,007 \times 300 \times 439 = 927,41 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah Tulangan

$$n = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS_{D16}} = \frac{927,4}{379,94} = 2,44$$

Maka dipasang 4 tulangan

$$AS_{\text{pakai}} = n \times AS_{D22} = 4 \times 380 = 1519,8 > 927,4 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan

$$\begin{aligned}S &= \frac{\text{Lebar-decking-diameter tul.pakai}}{\text{tul.pakai}-1} \\ &= \frac{300-80-88}{3} = 44 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$25 \text{ mm} < 44 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

OK

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{1519,76}{300 \times 439} = 0,0115 > \rho_{perlu}$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times b \times Fc'} = \frac{1519,76 \times 390}{0,85 \times 300 \times 30} = 77,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \emptyset \times As \times Fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 1519,8 \times 390 \left(439 - \frac{77,5}{2} \right) \\ &= 18978,98 \text{ Kgm} > Mu \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Cek Penampang

$$\frac{a}{d} = \frac{77,5}{299} = 0,259$$

$$\frac{c}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,81 = 0,305$$

$$\text{Maka } a/d < c/d \quad \text{OK}$$

Sehingga diigunakan tulangan **4D22**.

• Tulangan Tumpuan

$$Mu = 5051,3 \text{ Kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{6314179,29}{300 \times 192721} = 1,09$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 1,09}{390}} \right) = 0,0029 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \rho_{min} &< \rho_{perlu} < \rho_{max} \\ 0,0036 &< \rho_{perlu} < 0,024 \\ \rho_{pakai} &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As_{perlu} &= \rho_{pakai} \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 300 \times 439 = 472,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan

$$n = \frac{AS \text{ perlu}}{AS D16} = \frac{472,77}{379,94} = 1,24$$

Maka dipasang 3 tulangan

$$AS_{\text{pakai}} = n \times AS_{D22} = 3 \times 380 = 1139,8 > 472,77 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan

$$S = \frac{\text{Lebar-decking-diameter tul.pakai}}{\text{tul.pakai}-1}$$
$$= \frac{300-80-66}{3} = 77 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 77 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{1139,8}{300 \times 429} = 0,0087 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times b \times Fc'} = \frac{1139,8 \times 390}{0,85 \times 300 \times 30} = 24,1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \phi \times As \times Fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 1139,8 \times 390 \left(439 - \frac{24,1}{2} \right) \\ &= 14578,65 \text{ Kgm} > Mu \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Cek Penampang

$$\frac{a}{d} = \frac{24,1}{429} = 0,0564$$

$$\frac{c}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,81 = 0,305$$

$$\text{Maka } a/d < c/d \quad \text{OK}$$

Sehingga diigunakan tulangan **3D22**.

5) Penulangan Geser Balok

• Sebelum Komposit

$$V_u = 6440,4 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F_c'} \times b w \times d \\ &= \frac{1}{6} \times 5,477 \times 300 \times 299 = 83522 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 83522 = 6264,2 \text{ Kg}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,75 \times 6264,2 = 3132,1 \text{ Kg}$$

Maka,

$$V_c > V_u > 0,5 \times 0,5 \phi V_c$$

Sehingga digunakan tulangan geser minimum, menurut SNI 2847:2013 Ps. Spasi tulangan geser tidak melebihi $d/2$.

$$S = \frac{d}{2} = \frac{299}{2} = 150 \text{ mm}$$

Dengan luas tulangan geser minimum

$$A_{vmin} = 0,062 \times \sqrt{F_c'} \times \left(\frac{b w \times s}{F_{yt}} \right)$$

$$A_{vmin} = 0,062 \times \sqrt{F_c'} \times \left(\frac{300 \times 150}{390} \right)$$

$$A_{vmin} = 39,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{VD10} = 78,5 \text{ mm}^2 > 39,1 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 11.4.7 untuk mencari kapasitas geser yang disediakan oleh tulangan.

$$V_{smin} = V_u - V_c$$

$$V_{smin} = 6440,4 - 3132,1 = 3308,4 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times F_{yt} \times d}{s} = \frac{78,5 \times 390 \times 299}{150} \\ &= 61026 \text{ N} = 6103 \text{ Kg} > V_{smin} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan geser **D10 – 150 mm**.

- **Setelah Komposit**

$$V_u = 7216,2 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F_c'} \times b_w \times d \\ &= \frac{1}{6} \times 5,477 \times 300 \times 439 = 12263 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 122630 = 9197,2 \text{ Kg}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,75 \times 9197,2 = 4598,6 \text{ Kg}$$

Maka,

$$V_c > V_u > 0,5 \times 0,5 \phi V_c$$

Sehingga digunakan tulangan geser minimum, menurut SNI 2847:2013 Ps. Spasi tulangan geser tidak melebihi $d/2$.

$$S = \frac{d}{2} = \frac{439}{2} = 220 \text{ mm}$$

Dengan luas tulangan geser minimum

$$A_{vmin} = 0,062 \times \sqrt{F_c'} \times \left(\frac{b_w \times s}{F_{yt}} \right)$$

$$A_{vmin} = 0,062 \times \sqrt{F_c'} \times \left(\frac{300 \times 200}{390} \right)$$

$$A_{vmin} = 52,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{VD10} = 78,5 \text{ mm}^2 > 52,2 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 11.4.7 untuk mencari kapasitas geser yang disediakan oleh tulangan.

$$V_{smin} = V_u - V_c$$

$$V_{smin} = 7216,2 - 4598,6 = 2617,6 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times F_{yt} \times d}{s} = \frac{78,5 \times 390 \times 439}{150} \\ &= 89600 \text{ N} = 8960 \text{ Kg} > V_{smin} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan geser **D10 – 200 mm**.

6) Penulangan Angkat Balok

SNI 2847 2013 pada lampiran D dijelaskan bahwa dalam pendesainan tulangan angkur, tarik pada angkur harus lebih kecil dibanding kekuatan nominal.

- Tulangan angkur = 13 mm
- Jumlah angkur = 2 buah
- Faktor sling 60° = 1,16
- Faktor kejut = 1,5

Perhitungan beban

$$\begin{aligned} W &= \text{berat jenis} \times t \times b \times l \\ &= 2400 \times 0,36 \times 0,3 \times 5,6 = 1451,5 \text{ Kg} \\ W' &= 1451,5 \times 1,16 \times 1,5 = 2525,6 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Dengan asumsi, jika setiap tulangan angkur dapat menerima beban total pada komponen pracetak, sehingga :

$$N_n = W/n = 2525,6 / 2 = 1262,8 \text{ Kg}$$

Menurut metode ASD untuk tegangan ijin dasar pada baja menggunakan perhitungan $2/3 F_y$, maka:

$$F_{uta} = (2/3) \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

F_{uta} tidak boleh melebihi yang terkecil :

$$F_{uta} = 1,6 \times F_y = 1,6 \times 390 = 624 \text{ Mpa}$$

$$F_{uta} = 860 \text{ Mpa}$$

Sehingga dipilih $F_{uta} = 260 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} N_{sa} &= A_{se} \times F_{uta} = 133 \times 260 \\ &= 34580 \text{ N} = 34580 \text{ Kg} > N_n \end{aligned}$$

Kedalaman angkur dalam beton sebagai pencegahan dalam keadaan tarik, sehingga :

$$K_c = 10 \text{ (Angkur cor di dalam)}$$

$$hef_{1,5} = \frac{N_n}{K_c \times \sqrt{F_{ci}}} = \frac{1262,8}{10 \times \sqrt{12}} = 36,45 \text{ mm}$$

digunakan $h_{ef} = 50 \text{ mm}$

Menurut PCI panjang tulangan angkur setidaknya mencapai garis retak yang terjadi ssat beton terjadi jebol, dipilih yang terbesar dari :

$$d_e = h_{ef} / \tan 35^\circ = 71,407 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5 \times h_{ef} = 107,11 \text{ mm}$$

$$\text{Maka digunakan, } d_e = 150 \text{ mm}$$

7) Kontrol Lendutan Balok Anak

Data perencanaan

$$\text{Panjang Balok} = 5,6 \text{ m}$$

$$\text{Berat Sendiri} = 2300 \text{ Kg/m}^2 \text{ (sblm Komposit)}$$

$$W = 1,2 \times Q_d = 2760 \text{ Kg/m}^2 \text{ (sblm Komposit)}$$

$$\text{Berat Sendiri} = 2577 \text{ Kg/m}^2 \text{ (stlh Komposit)}$$

$$W = 1,2 \times Q_d = 3093 \text{ Kg/m}^2 \text{ (stlh Komposit)}$$

$$f_{ci} \text{ (3 hari)} = 19,5 \text{ Mpa} = 191 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 20754,638 \text{ N/mm}^2$$

$$I_x = 1166400000 \text{ N/mm}^2$$

• Sebelum Komposit

Perhitungan Lendutan

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{5600}{240} = 23,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} \\ &= \frac{5 \times 27,6 \times 5600^4}{384 \times 20754,64 \times 1166400000} \\ &= 14,6 \text{ mm} < \Delta_{ijin} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

• Setelah Komposit

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{5600}{240} = 23,3 \text{ mm}$$

$$\Delta = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I}$$

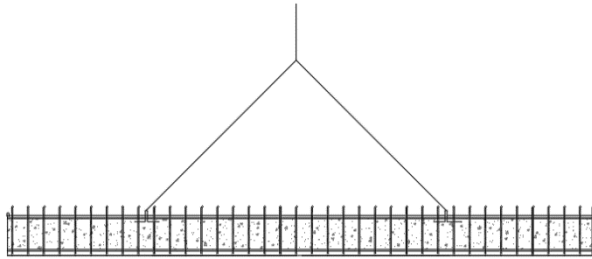
$$= \frac{5 \times 30,93 \times 5600^4}{384 \times 20754,64 \times 1166400000}$$

$$= 14,6 \text{ mm} < \Delta_{\text{ijin}}$$

OK

8) Kontrol Balok Anak Pracetak

• Kontrol Pengangkatan



Gambar 5. 10 Pengangkatan Balok Anak

$$F_{ci} \text{ (3 hari) } = 12 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 0,7 \times \sqrt{F_{ci}} = 2,42 \text{ Mpa} = 24,2 \text{ Kg/cm}^2$$

Pembebanan

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$\text{Faktor tali sling} = 1,16$$

$$- Q_{dl} = B_j \times t = 2400 \times 0,36 = 864 \text{ Kg/m}^2$$

$$- Q_u = 1,2 \times Q_{dl} = 1,2 \times 864 = 1037 \text{ Kg/m}^2$$

$$- Q_u \text{ (terfaktor)} = 1037 \times 1,5 \times 1,16 = 1804 \text{ Kg/m}^2$$

$$- Q \text{ per titik} = \frac{1804}{2} = 902 \text{ Kg/m}^2$$

Perhitungan momen

$$+M_x = -M_x = 0,0107 \times Q \times a^2 \times b$$

$$= 0,0107 \times 1804 \times 0,09 \times 5,6$$

$$\begin{aligned}
 &= 10 \text{ Kgm} &= 972,88 \text{ Kgcm} \\
 +M_x = -M_x &= 0,0107 \times Q \times a \times b^2 \\
 &= 0,0107 \times 1804 \times 0,3 \times 31,4 \\
 &= 181,6 \text{ Kgm} &= 18160,4 \text{ Kgcm}
 \end{aligned}$$

Momen Tahanan,

$$\begin{aligned}
 W_y &= \frac{a}{2} \times \frac{t^2}{6} = \frac{0,3}{2} \times \frac{0,13}{6} &= 3240 \text{ cm}^3 \\
 W_x &= \frac{b}{2} \times \frac{t^2}{6} = \frac{5,6}{2} \times \frac{0,13}{6} &= 120960 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{972,9}{120960} = 0,01 \text{ Kg/cm}^2 < F_r$$

$$\sigma_x = \frac{M_y}{W_y} = \frac{18160,4}{3240} = 5,61 \text{ Kg/cm}^2 < F_r$$

• Kontrol Penumpukan

$$F_{ci} \text{ (3 hari)} = 12 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 0,7 \times \sqrt{F_{ci}} = 2,42 \text{ Mpa} = 24,2 \text{ Kg/cm}^2$$

Pembebanan

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Qdl} &= B_j \times t \times b \\
 &= 2400 \times 0,36 \times 0,3 &= 259 \text{ Kg/m} \\
 - \text{ Qu} &= 1,2 \times \text{Qdl} = 1,2 \times 259 = 311 \text{ Kg/m} \\
 - \text{ Qu (terfaktor)} &= 311 \times 1,5 &= 467 \text{ Kg/m} \\
 - \text{ Pu (terfaktor)} &= 250 \times 1,5 &= 375 \text{ Kg/m} \\
 - \text{ Penumpu} &= 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Perhitungan momen

$$\begin{aligned}
 \text{Mulap} &= \frac{Q_u \times L^2}{8 \times 9} + \frac{P_u \times L}{4} \\
 &= \frac{467 \times 7,84}{8 \times 9} + \frac{375 \times 2,8}{4} = 313,3 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

Momen Tahanan,

$$W = \frac{a \times t^2}{6} = \frac{0,3 \times 0,13}{6} = 6480 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{Mx}{Wx} = \frac{31330,3}{6480} = 4,83 \text{ Kg/cm}^2 < Fr \quad \text{OK}$$

Jumlah Tumpukan

Jumlah tumpukan yang mampu diterima, Digunakan kayu dengan ukuran 15/20 untuk penumpu pelat pracetak, maka luas bidang kontak yaitu

$$A = 150 \times 300 = 45000 \text{ mm}^2$$

$$P = 2400 \times 5,6 \times 0,3 \times 0,36 = 1452 \times 1,2 = 1741,8 \text{ Kg}$$

$$F = \frac{P}{A} = \frac{1741,8}{180000} = 0,01 \text{ Kg/mm}^2 = 1 \text{ Mpa}$$

Maka jumlah penumpukan

$$n = \frac{Fci}{F \times Sf} = \frac{24,25}{1 \times 4} = 6 \text{ tumpukan}$$

• Kontrol Pemasangan

$$Fci \text{ (7 hari)} = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$Fr = 0,7 \times \sqrt{Fci} = 3,09 \text{ Mpa} = 30,9 \text{ Kg/cm}^2$$

Pembebanan

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$\begin{aligned} - \text{ Qdl} &= B_j \times t \times b \\ &= 2400 \times 0,36 \times 0,3 = 259 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

$$- \text{ Qu} = 1,2 \times \text{Qdl} = 1,2 \times 259 = 311 \text{ Kg/m}$$

$$- \text{ Qu (terfaktor)} = 311 \times 1,5 = 467 \text{ Kg/m}$$

$$- \text{ Pu (terfaktor)} = 250 \times 1,5 = 375 \text{ Kg/m}$$

$$- \text{ Beban Pekerja} = 250 \text{ Kg/m}$$

Perhitungan momen

$$\begin{aligned}\text{Mulap} &= \frac{Qu \times L^2}{8} + \frac{Pu \times L}{4} \\ &= \frac{467 \times 31,4}{8} + \frac{375 \times 5,6}{4} = 2353,9 \text{ Kgm}\end{aligned}$$

Momen Tahanan,

$$W = \frac{a \times t^2}{6} = \frac{0,3 \times 0,13}{6} = 6480 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{Mx}{Wx} = \frac{235391}{6480} = 36,326 \text{ Kg/cm}^2 < Fr \quad \mathbf{N.OK}$$

Dikarenakan tegangan beton yang terjadi melebihi modulus kehancuran beton, maka ditambah 1 perancah di tengah bentang.

Perhitungan momen

$$\begin{aligned}\text{Mulap} &= \frac{Qu \times L^2}{8 \times 4} + \frac{Pu \times L}{4 \times 2} \\ &= \frac{467 \times 31,4}{8 \times 4} + \frac{375 \times 2,8}{4 \times 2} = 588,5 \text{ Kgm}\end{aligned}$$

Momen Tahanan,

$$W = \frac{a \times t^2}{6} = \frac{0,3 \times 0,13}{6} = 6480 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{Mx}{Wx} = \frac{58847,9}{6480} = 9,081 \text{ Kg/cm}^2 < Fr \quad \mathbf{OK}$$

• Kontrol Pengecoran

$$F_{ci} \text{ (3 hari)} = 12 \text{ Mpa}$$

$$Fr = 0,7 \times \sqrt{F_{ci}} = 2,42 \text{ Mpa} = 24,2 \text{ Kg/cm}^2$$

Pembebanan

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$\text{- } Qu = = 595$$

$$\text{- } Qu \text{ (terfaktor)} = 595 \times 1,5 = 892,5 \text{ Kg/m}$$

$$- \text{Pu (terfaktor)} = 250 \times 1,5 = 375 \text{ Kg/m}$$

Perhitungan momen

$$\begin{aligned} \text{Mulap} &= \frac{Qu \times L^2}{8 \times 4} + \frac{Pu \times L}{4 \times 2} \\ &= \frac{893 \times 31,4}{8 \times 4} + \frac{375 \times 5,6}{4 \times 2} = 1137,2 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Momen Tahanan,

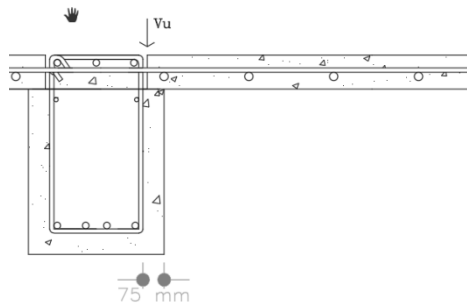
$$W = \frac{a \times t^2}{6} = \frac{0,3 \times 0,13}{6} = 6480 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{Mx}{Wx} = \frac{113715}{6480} = 17,55 \text{ Kg/cm}^2 < Fr \quad \text{OK}$$

• Kontrol Tumpuan Balok

Menurut SNI 7833:2012 Ps. 4.6.2.2 (a) setiap komponen struktur dan sistem pendukungnya harus mempunyai dimensi desain penumpu 50 mm untuk plat dan 75 mm untuk balok.



Gambar 5. 11 Tumpuan Plat ke Balok

Data perencanaan

$$F_{ci} \text{ (7 hari) } = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$A = 75 \times 1000 = 75000 \text{ mm}^2$$

$$Vu = 971,72 \text{ Kg} = 9717,2 \text{ N}$$

Menurut SNI 7833 : 2012 ps. 4.6.2.1.1 kekuatan tumpu beton tidak boleh melebihi.

$$\begin{aligned}
 V_n &= \phi \times 0,85 \times F_c \times A \\
 &= 0,65 \times 0,85 \times 19,5 \times 75000 \\
 &= 808031,25 \text{ N} > V_u \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan beton pada tumpuan,

$$F_r = 0,62 \times \sqrt{F_c} = 0,62 \times \sqrt{19,5} = 2,74 \text{ Mpa}$$

$$\sigma = \frac{V_u}{A} = \frac{9717}{40000} = 0,24 < F_r \quad \text{OK}$$

5.4.1 Rekapitulasi Tulangan

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Tulangan Balok Anak

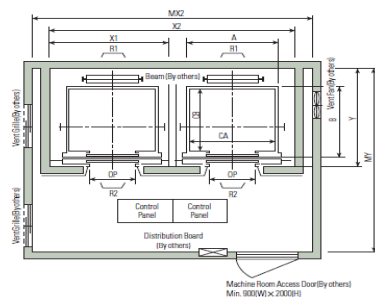
BA 1	Tulangan Lentur				Tulangan Geser	
	Sebelum Komposit					
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
	760	mm2	760	mm2	52,2	mm2
	2D22		4D22		D10-150	
	Setelah Komposit					
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
	760	mm2	1140	mm2	56,0	mm2
	3D22		4D22		D10-150	
BA 2	Tulangan Lentur				Tulangan Geser	
	Sebelum Komposit					
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
	760	mm2	760	mm2	52,2	mm2
	2D22		2D22		D10-150	
	Setelah Komposit					
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
	760	mm2	1140	mm2	56,0	mm2
	2D22		3D22		D10-150	

Sehingga dipilih tulangan yang paling kritis yaitu setelah komposit dengan **Tulangan Lentur [Tumpuan : 3D22-150, Lapangan : 5D22-150] & Tulangan Geser [D10 – 100]**.

5.5 Perencanaan Balok Lift

Data Perencanaan

Tipe Lift	= LUXEN
Balok Pen. Depan	= 2300 mm
Balok Pen. Belakang	= 2300 mm
Tebal Pelat	= 120 mm
R1	= 5450 Kg
R2	= 4300 Kg
Mutu Beton	= 30 Mpa
Berat Profil WF	= 0,72 Kn/m
Jarak antara pen. msn	= 1000 mm
Mutu Baja	= 390 Mpa
Lebar pintu	= 900 mm
Dimensi Elevator	
- Eksternal	= 1460 x 1505
- Internal	= 1400 x 1350
Dimensi ruang mesin	= 6000 x 3700



Gambar 5. 12 Dimensi Lift

Tabel 5. 4 Dimensi Lift

Speed (m/sec)	Capacity		Opening	Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth	Reaction (kg)				(kg)
	Persons	kg	OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY	R1	R2	R3	R4	
1	6	450	800	1400 × 850	1440 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5400	4500	
	8	550	800	1400 × 1030	1440 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	6000	4900	
	9	600	800	1400 × 1130	1440 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6300	5100	
	10	700	800	1400 × 1250	1440 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6800	5400	
	11	750	800	1400 × 1350	1440 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4350	2800	7100	5600	
	13	900	900	1600 × 1350	1640 × 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	8100	6300	
1.75	15	1000	900	1600 × 1500	1640 × 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8600	6600	
	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6400	5100	11000	8700	
1100			2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800						
2.5	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	12200	9500	
			1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000					
	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800	13600	10400	
			2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200						

• Preliminary Desain

Balok Penumpu depan

$$H_{min} = \frac{L}{16} = \frac{2300}{16} = 144 \text{ mm}$$

Berdasarkan peraturan SNI 2847-2013 tabel 9.5 (a), untuk F_y selain 420 Mpa. Nilainya harus dikalikan dengan $0,4 + (F_y/700)$. Oleh karena itu,

$$H_{min} = 144 \times 0,96 = 138 \text{ mm}$$

$$B = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 138 = 91,7 \text{ mm}$$

Jadi digunakan dimensi balok penumpu 200 mm x 300 mm

• Pembebanan

Beban Mati

- Berat Balok = $0,2 \times 0,3 \times 24 = 1,44 \text{ Kn/m}$
- Berat profil baja = $= 0,72 \text{ Kn/m}$
- Plat Baja 12 cm = $0,12 \times 78,5 = 9,42 \text{ Kn/m}$
- Lain-lain 10% = $= 1,16 \text{ Kn/m}$
- Total Qd = $= 12,7 \text{ Kn/m}$

Beban Hidup

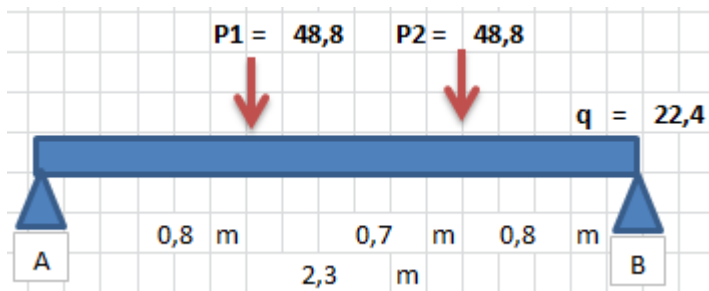
Beban hidup terpusat berdasarkan brosur

- R1 = 54,5 Kn (B.mesin + perl + Ev)
- R2 = 43 Kn (B.mesin + Perl + C.Wgh)
- Rumah sakit = $1,92 \text{ Kn/m}^2 \times 2,3$
= 4,42 Kn/m

Beban Ultimate

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 Q_d + 1,6 Q_l \\ &= 15,2856 + 7,07 \\ &= 22,3512 \end{aligned}$$

• Analisa Gaya Dalam



Gambar 5. 13 Pembebanan Balok Induk

$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_A \times 2,3 - 4,8 \times 1,5 - 48,8 \times 1 - 59,1 = 0$$

$$2,3 V_A - 73,1 - 39 - 59,1 = 0$$

$$2,3 V_A = 171$$

$$V_A = 74,5 \text{ Kn}$$

$$74,5 - 48,8 - 48,8 - 51,4 = V_B$$

$$V_B = 74,5 \text{ Kn}$$

Distribusi beban terpusat P pada setiap perletakan

$$\begin{aligned}
 V_{Ap1} &= 48,8 \times \frac{1,5}{2,3} = 31,8 \text{ Kn} \\
 V_{Ap1} &= 48,8 \times 31,8 = 17 \text{ Kn} \\
 V_{Ap2} &= 48,8 \times \frac{0,8}{2,3} = 17 \text{ Kn} \\
 V_{Ap2} &= 48,8 \times 17 = 31,8 \text{ Kn} \\
 DAB &= 74,5 - 22,4 \times L1 - 31,8 - 17 = 0 \\
 L1 &= 1,15 \text{ m dari titik A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= qL^2/8 + V_{AP1} \times L + V_{AP2} \times L \\
 &= 14,78 + 36,563 + 19,5 \\
 &= 70842231 \text{ Nmm} \\
 V_u &= 0,5 \times q_u \times L + V_{AP1} + V_{AP2} \\
 &= 0,5 \times 22,4 \times 2,3 + 31,8 + 17 \\
 &= 74453880 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- **Perencanaan Tulangan Balok**

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi Balok Lift} &= 200 \times 300 \\
 \text{Diameter tul. Geser} &= 10 \text{ mm} \\
 \text{Diameter Tul Utama} &= 16 \text{ mm} \\
 \text{Selimut beton} &= 40 \text{ mm} \\
 \text{Mutu beton} &= 30 \text{ Mpa} \\
 \text{Mutu Baja} &= 390 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 nilai β_1 ditentukan sebesar :

Tabel 5. 5 Tabel β_1

f_c (Mpa)	28	35	42
β_1	0,85	0,8	0,75

$$\beta_1 = 0,8 + \frac{30-28}{35-28} \times 0,05 = 0,81 > 0,65$$

Menentukan tinggi efektif,

$$d = 140 - 20 - 5 = 135 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times F_{c'} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)}{F_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,81 \times 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0,032$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,032 = 0,024$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{30} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0035$$

maka dipakai ρ_{\min} yaitu 0,0036

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_{c'}} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,3$$

• Tulangan Utama

$$M_u = 7084,2231 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{b \times d^2} = \frac{88552788,75}{200 \times 123904} = 3,57$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 3,57}{390}} \right) = 0,0099 \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga } \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0036 < \rho_{\text{perlu}} < 0,024$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0036$$

$$A_{\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0,0036 \times 300 \times 352 = 379 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{AS_{perlu}}{AS_{D16}} = \frac{379}{201} = 1,89$$

Maka dipasang 4 tulangan

$$AS_{pakai} = n \times AS_{D16} = 4 \times 78,5 = 314 > 285 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan

$$S = \frac{\text{Lebar-decking-diameter tul.pakai}}{\text{tul.pakai}-1}$$

$$= \frac{300-40-16}{3} = 81,33 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 81,33 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{803,84}{300 \times 352} = 0,00761 > \rho_{perlu}$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times b \times Fc'} = \frac{803,84 \times 390}{0,85 \times 300 \times 30} = 41 \text{ mm}$$

$$Mu = \phi \times As \times Fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,8 \times 803,84 \times 390 \left(352 - \frac{41}{2} \right)$$

$$= 8314,21 \text{ Kgm} > Mu \quad \text{OK}$$

Cek Penampang

$$\frac{a}{d} = \frac{7,4}{135} = 0,055$$

$$\frac{c}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,81 = 0,305$$

$$\text{Maka } a/d < c/d \quad \text{OK}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur balok **4D 16 – 150**.

- **Penulangan Geser Balok**

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F_c'} \times b w \times d \\
 &= \frac{1}{6} \times 5,477 \times 300 \times 352 = 96399 \text{ N} \\
 \phi V_c &= 0,75 \times 96399 = 72299 \text{ N} \\
 0,5 \phi V_c &= 0,75 \times 72299 = 36150 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Karena $V_c > V_u > 0,5 \times 0,5 \phi V_c$ maka dibutuhkan tulangan geser minimum. Dipakai tulangan $d = 13 \text{ mm}$

$$V_s \text{ min} = \frac{V_u}{\phi} = \frac{7341,5}{0,6} = 12236 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 \times A_s \\
 &= 2 \times 133 \\
 &= 265,3 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan jarak sengkang. Menurut SNI 2847:2013 ps. 11.4.5.1 bahwa spasi tulangan geser tidak boleh melebihi $d/2$ dan 600 mm .

$$\text{Syarat } S < \frac{d}{2} = 176 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan **D13 – 150 mm**.

Sehingga digunakan konfigurasi penulangan balok anak penulangan lentur [**4D16**] dan penulangan geser [**D13-150**].

4.12 Perencanaan Tangga

Data Perencanaan

Mutu Beton	= 30 Mpa
Mutu Baja	= 390 Mpa
Tinggi Lantai	= 400 cm
Lebar anak tangga	= 150 cm
Lebar bordes	= 150 cm
Panjang total tangga	= 340 cm
Ketinggian bordes	= 200 cm
Langkah datar (l_d)	= 30 cm
Langkah naik	= 17 cm

$$\text{Beban hidup} = 192 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tebal plat tangga} = 14 \text{ cm}$$

Kontrol Kenyamanan

$$2 L_n + L_d = 61 - 65$$

Sehingga,

$$2 \times 17 + 30 = 64 \text{ (OK)}$$

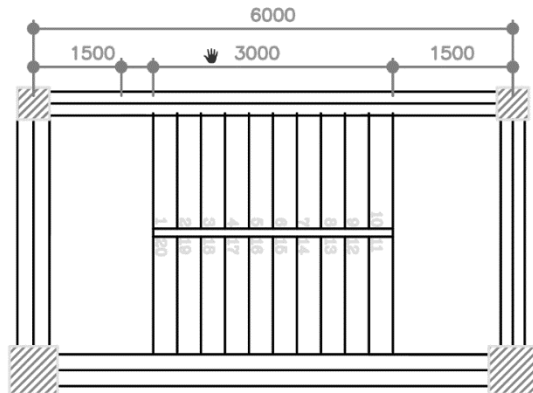
$$\text{Jumlah anak tangga} = \frac{h}{L_n} = \frac{340}{17} = 20 \text{ buah}$$

$$\text{Tinggi anak tangga} = \frac{340}{20} = 17 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kemiringan anak tangga (i)} &= \sqrt{L_d^2 + L_n^2} \\ &= 34,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sudut kemiringan tangga (} \alpha \text{)} &= \text{arc tan} = \frac{L_n}{L_d} \\ &= 30^\circ \end{aligned}$$

Sketsa Tangga.



Gambar 5. 14 Sketsa Tangga

5.5.1 Perhitungan Pembebanan Pembebanan Tangga

Beban Mati (Qd)

- Berat sendiri plat $= 0,14 \times 2400 = 336 \text{ Kg/m}^2$
- Berat keramik spesi $= = 110 \text{ Kg/m}^2$
- Berat pegangan tangga $= 0,01 \times 446 = 44,6 \text{ Kg/m}^2$
 $\text{Qd} = 491 \text{ Kg/m}^2$

Beban Hidup (Ql)

- Tempat berkumpul $= = 479 \text{ Kg/m}^2$

Beban Ultimate (Qu)

$$\begin{aligned} \text{Qu} &= 1,2 \text{ Qd} + 1,6 \text{ Ql} \\ &= 1,2 \times 491 + 1,6 \times 479 \\ &= 13,6 \text{ Kn/m} \end{aligned}$$

Pembebanan Bordes

Beban Mati (Qd)

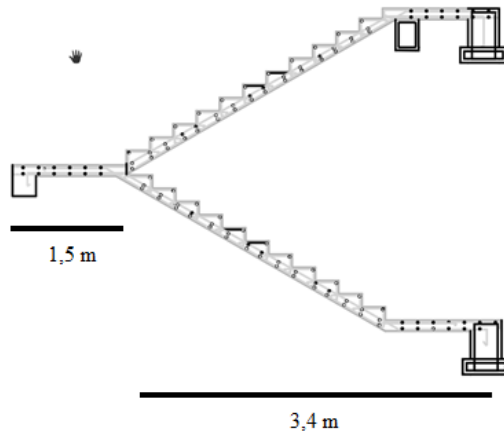
- Berat sendiri plat $= 0,14 \times 2400 = 336 \text{ Kg/m}^2$
- Berat keramik spesi $= = 110 \text{ Kg/m}^2$
- Berat dinding $= 0,15 \times 575 = 86,3 \text{ Kg/m}^2$
- Berat pegangan tangga $= 0,1 \times 532 = 53,2 \text{ Kg/m}^2$
 $\text{Qd} = 585 \text{ Kg/m}^2$

Beban Hidup (Ql)

- Tempat berkumpul $= = 479 \text{ Kg/m}^2$

Beban Ultimate (Qu)

$$\begin{aligned} \text{Qu} &= 1,2 \text{ Qd} + 1,6 \text{ Ql} \\ &= 1,2 \times 585 + 1,6 \times 479 \\ &= 14,7 \text{ Kn/m} \end{aligned}$$



Gambar 5. 15 Dimensi Tangga-Bordes

Perhitungan Momen

- Momen Primer Tangga $= \frac{1}{12} \times q \cos \alpha \times l^2$

$$= \frac{1}{12} \times 13,6 \times 0,3 \times 11,6$$

$$= 3,94 \text{ Knm}$$
- Momen Primer Bordes $= \frac{1}{12} \times q \times l^2$

$$= \frac{1}{12} \times 14,7 \times 2,25$$

$$= 2,75 \text{ Knm}$$
- Momen Primer Tangga $= \frac{1}{12} \times q \cos \alpha \times l^2$

$$= \frac{1}{12} \times 13,6 \times 0,3 \times 11,6$$

$$= 3,94 \text{ Knm}$$

Faktor Distribusi

$$KBA = \frac{3EI}{L} = \frac{3EI}{1,5} = 2EI$$

$$KBC = \frac{4EI}{L} = \frac{4EI}{3,4} = 1,18EI$$

$$KBD = \frac{3EI}{L} = \frac{4EI}{3,4} = 0,88EI$$

$$BA = \frac{2EI}{2EI+1EI+1EI} \quad BC = \frac{1,18EI}{2EI+1,176EI+1EI}$$

$$= 0,49 \quad = 0,29$$

$$BD = \frac{0,88EI}{2EI+1,176EI+1EI}$$

$$= 0,22$$

$$MF BA = 2,754 \text{ Knm} \quad MF BD = 3,94 \text{ Knm}$$

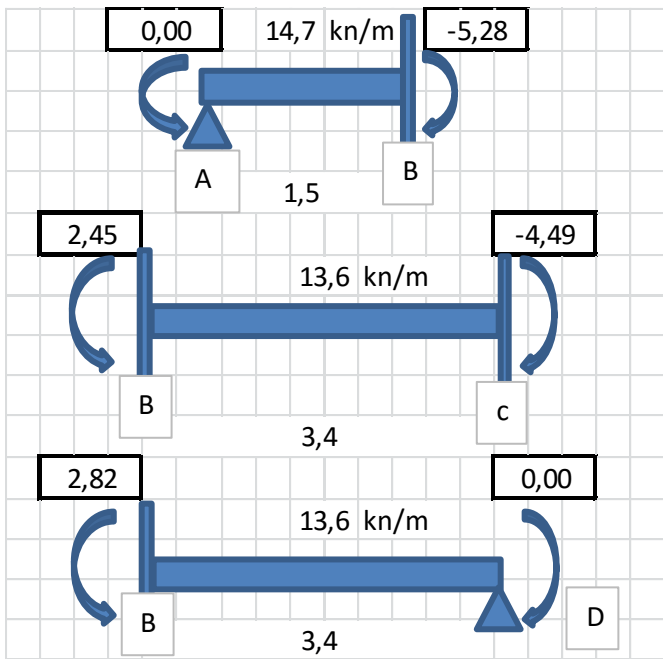
$$MF BC = -MF CB = 3,937 \text{ Knm}$$

Distribusi Momen

Tabel 5. 6 Distribusi Momen

Titik	B			C
Batang	BA	BC	BD	CB
DF	- 0,49	- 0,29	- 0,22	
MF	- 2,75	3,94	3,94	- 3,9
MD	-2,52	-1,48	-1,11	0
MI	0	0	0	-0,56
MD	0	0	0	0
MA	-5,28	2,45	2,82	-4,49

Free Body Diagram



Gambar 5. 16 Free Body Diagram

$$\Sigma M_B = -5,28$$

$$V_A \times 1,5 - 14,69 \times 1,5 \times 0,75 = -5,28 \text{ Knm}$$

$$1,5 V_A - 16,5 = -5,28 \text{ Knm}$$

$$V_A = 7,5 \text{ Kn}$$

$$V_{B1} = 14,5 \text{ Kn}$$

$$\Sigma M_C = -2,04$$

$$V_B \times 3,4 - 13,55 \times 3,4 \times 1,7 = -2,04 \text{ Knm}$$

$$3,4 V_{B2} - 78,3 = -2,04 \text{ Knm}$$

$$V_{B2} = 22,4 \text{ Kn}$$

$$V_C = 23,6 \text{ Kn}$$

$$\Sigma MD = 0$$

$$VB3 \times 3,4 + 13,55 \times 3,4 \times 1,7 = 0 \quad \text{Knm}$$

$$3,4 \times VC + 78,3 = 0 \quad \text{Knm}$$

$$VB3 = 23 \quad \text{Kn}$$

$$VD = 23 \quad \text{Kn}$$

$$\text{Kontrol } \Sigma V = 0$$

$$VA + VB1 - Q1 \times L1 = 0$$

$$7,5 + 14,5 - 14,69 \times 1,5 = 0 \quad \text{OK}$$

$$VB2 + VC - Q2 \times L2 = 0$$

$$22,4 + 23,6 - 13,55 \times 3,4 = 0 \quad \text{OK}$$

$$VB3 + VD - Q2 \times L2 = 0$$

$$23 + 23 - 13,55 \times 3,4 = 0 \quad \text{OK}$$

Pelat Bordes AB = 1,5 m

a) Gaya Momen

$$MB2 = 0 \text{ Knm}$$

$$MC = 5,28 \text{ Knm}$$

Mmax terjadi ketika D = 0

$$DAB = 7,5 - 14,7 \times L1$$

$$DAB = 0$$

$$L1 = 0,51$$

Sehingga Mmax pada pelat bordes sebesar

$$\begin{aligned} \text{Max} &= VA \times L1 - 14,7 \times L1 \times 0,5 L1 \\ &= 7,5 \times 0,51 - 14,7 \times 0,51 \times 0,26 \\ &= 1,91 \text{ Knm} \end{aligned}$$

b) Gaya Lintang

$$VB2 = 7,5 \quad \text{Kn}$$

$$VC = 14,5 \quad \text{Kn}$$

Pelat Bordes BC = 1,5 m

c) Gaya Momen

$$MB2 = 2,45 \text{ Knm}$$

$$MC = 4,49 \text{ Knm}$$

Mmax terjadi ketika $D = 0$

$$DBC = 22,4 - 13,6 \times L1$$

$$DBC = 0$$

$$L1 = 1,66$$

Sehingga Mmax pada pelat bordes sebesar

$$\begin{aligned} \text{Max} &= Vc \times L1 - 14,7 \times L1 \times 0,5 L1 \\ &= 23,6 \times 1,66 - 14,7 \times 1,66 \times 0,83 \\ &= 19 \text{ Knm} \end{aligned}$$

d) Gaya Lintang

$$VB2 = 22,4 \text{ Kn}$$

$$VC = 23,64 \text{ Kn}$$

Pelat Bordes BD = 3,4 m

e) Gaya Momen

$$MB2 = 2,82 \text{ Knm}$$

$$MC = 0 \text{ Knm}$$

Mmax terjadi ketika $D = 0$

$$DBC = 23 - 13,6 \times L1$$

$$DBC = 0$$

$$L1 = 1,7$$

Sehingga Mmax pada pelat bordes sebesar

$$\begin{aligned} \text{Max} &= Vc \times L1 - 14,7 \times L1 \times 0,5 L1 \\ &= 23,6 \times 1,7 - 14,7 \times 1,7 \times 0,85 \\ &= 19,6 \text{ Knm} \end{aligned}$$

f) Gaya Lintang

$$VB2 = 0 \text{ Kn}$$

$$VC = 0 \text{ Kn}$$

5.5.2 Perhitungan Penulangan

A. Perhitungan Penulangan Plat Tangga

Data Perencanaan

Mutu Beton	= 30 Mpa
Mutu Baja	= 390 Mpa
Berat jenis beton	= 2400 Kg/m ²
Tulangan lentur	= 10 mm
Tulangan Susut	= 10 mm
Tebal Plat tangga	= 160 mm
Tebal Plat bordes	= 140 mm
Tebal selimut beton	= 20 mm

Menurut SNI 2847:2013 nilai β_1 ditentukan sebesar :

Tabel 5. 7 Tabel β_1

f_c (Mpa)	28	35	42
β_1	0,85	0,8	0,75

$$\beta_1 = 0,8 + \frac{30-28}{35-28} \times 0,05 = 0,81 > 0,65$$

Menentukan tinggi efektif,

$$d = 140 - 20 - 5 = 115 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times F_{c'}}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,81 \times 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0,032$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,032 = 0,024$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{30} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0035$$

maka dipakai ρ_{\min} yaitu 0,0036

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_{c'}} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,3$$

• Tulangan Utama

$$M_u = 250042000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{25004,20}{0,8} = 1900,127 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{0,8 \times 1000 \times d^2} = \frac{19001270,78}{0,8 \times 1000 \times 18225} = 1,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 1,3}{390}} \right) = 0,0034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0036 &< \rho_{\text{perlu}} < 0,024 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 1000 \times 135 = 485 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{\text{S perlu}}}{A_{\text{S D22}}} = \frac{898,9}{379,94} = 6$$

Maka dipasang 7 tulangan

$$A_{\text{Spakai}} = n \times A_{\text{SD10}} = 7 \times 78,5 = 550 > 485 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.6.5 spasi tulangan lentur utama pada balok atau slab tidak melebihi tiga kali tebal.

$$S = \frac{\text{Lebar yang ditinjau}}{A_{\text{S perlu}} : A_{\text{Stul}}} = \frac{1000}{7} = 143 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 190,2 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan **D10-150 mm.**

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{484,62}{1000 \times 135} = 0,0036 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times b \times Fc'} = \frac{484,62 \times 390}{0,85 \times 1000 \times 30} = 7,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \phi \times As \times Fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 484,6 \times 390 \left(135 - \frac{7,4}{2} \right) \\ &= 1985,17 \text{ Kgm} > Mu \end{aligned} \quad \text{OK}$$

Cek Penampang

$$\frac{a}{d} = \frac{7,4}{135} = 0,055$$

$$\frac{c}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,81 = 0,305$$

Maka $a/d < c/d$ OK

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.12 luasan tulangan susut dan suhu untuk F_y 420 Mpa paling sedikit memiliki rasio 0,0018 terhadap luasan penampang bruto beton. Maka,

$$\begin{aligned} A_g &= A_s \text{ beton} - A_s \text{ baja} \\ &= 140000 - 412,82051 \\ &= 139587,179 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka kebutuhan luasan tulangan susut dan suhu adalah

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= 139587 \times 0,0018 \\ &= 251,256923 \end{aligned}$$

$$N = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s d} = \frac{251}{78,5} = 3 \text{ dipasang 4 buah}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pakai} &= n \times A_s d \\ &= 4 \times 78,5 \\ &= 314 \text{ mm}^2 > 251 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad \text{OK}$$

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.6.5 spasi susut pada balok atau slab tidak melebihi lima kali tebal atau lebih dari 450 mm.

$$S = \frac{\text{Lebar yang ditinjau}}{\text{As perlu: Astul}} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 250 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan susut **D10-150 mm**.

B. Penulangan Plat Bordes

• Tulangan Utama

$$M_u = 1914248,1 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{25004,20}{0,8} = 31255 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{0,8 \times 1000 \times d^2} = \frac{19001270,78}{0,8 \times 1000 \times 18225} = 1,3 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 1,3}{390}} \right) = 0,0034$$

$$\text{Sehingga } \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0036 < \rho_{\text{perlu}} < 0,024$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0036$$

$$A_{\text{asperlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0,0036 \times 1000 \times 135 = 485 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{\text{S perlu}}}{A_{\text{S D22}}} = \frac{898,9}{379,94} = 6$$

Maka dipasang 7 tulangan

$$A_{\text{Spakai}} = n \times A_{\text{SD10}} = 7 \times 78,5 = 550 > 485 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.6.5 spasi tulangan lentur utama pada balok atau slab tidak melebihi tiga kali tebal.

$$S = \frac{\text{Lebar yang ditinjau}}{\text{As perlu: Astul}} = \frac{1000}{7} = 143 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 190,2 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan **D10-150 mm**.

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{484,62}{1000 \times 135} = 0,0036 > \rho_{perlu}$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times b \times Fc'} = \frac{484,62 \times 390}{0,85 \times 1000 \times 30} = 7,4 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \emptyset \times As \times Fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 484,6 \times 390 \left(135 - \frac{7,4}{2} \right) \\ &= 1985,17 \text{ Kgm} > Mu \end{aligned} \quad \text{OK}$$

Cek Penampang

$$\frac{a}{d} = \frac{7,4}{135} = 0,055$$

$$\frac{c}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,81 = 0,305$$

$$\text{Maka } a/d < c/d \quad \text{OK}$$

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.12 luasan tulangan susut dan suhu untuk F_y 420 Mpa paling sedikit memiliki rasio 0,0018 terhadap luasan penampang bruto beton. Maka,

$$\begin{aligned} Ag &= As_{\text{beton}} - As_{\text{baja}} \\ &= 140000 - 412,82051 \\ &= 139587,179 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka kebutuhan luasan tulangan susut dan suhu adalah

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= 139587 \times 0,0018 \\ &= 251,256923 \end{aligned}$$

$$N = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_d} = \frac{251}{78,5} = 3 \text{ dipasang 4 buah}$$

$$\begin{aligned} As_{\text{pakai}} &= n \times As_d \\ &= 4 \times 78,5 \\ &= 314 \text{ mm}^2 > 251 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad \text{OK}$$

Menurut SNI 2847:2013 ps. 7.6.5 spasi susut pada balok atau slab tidak melebihi lima kali tebal atau lebih dari 450 mm.

$$S = \frac{\text{Lebar yang ditinjau}}{As_{\text{perlu}}:As_{\text{tul}}} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 250 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan susut **D10-150 mm**.

C. Balok Bordes

- **Perencanaan Dimensi Balok Bordes**

Balok bordes, $L = 3 \text{ m}$

$$H_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{300}{16} = 18,8 \text{ cm}$$

Sehingga digunakan $h = 30 \text{ cm}$

$$B_{\min} = \frac{2}{3} L = \frac{2}{3} \times 18,8 = 12,5 \text{ cm}$$

Sehingga digunakan $b = 20 \text{ cm}$

Pembebanan Bordes

Beban Mati

- Berat sendiri balok $= 2 \times 0,3 \times 2400 = 144 \text{ Kg/m}$
 - Berat dinding $= 0,15 \times 575 = 86,3 \text{ Kg/m}$
 - Beban plat bordes $= 585 \text{ Kg/m}$
- Total $= 816 \text{ Kg/m}$

Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} Q_d &= 1,2 \times Q_d \\ &= 1,2 \times 815,7 \\ &= 979 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Tumpuan} &= \frac{1}{12} \times q \times l^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 97,8 \times 9 \\ &= 7341525 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Lapangan} &= \frac{1}{8} \times q \times l^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 97,8 \times 9 \\ &= 11012287,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ total} &= 0,5 \times q_u \times L/2 \\
 &= 0,5 \times 979 \times 1,5 \\
 &= 734,15 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

- **Penulangan Balok Bordes**

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi balok bordes} &= 300 \times 400 \\
 \text{Diameter sengkang} &= 13 \text{ mm} \\
 \text{Diameter tul. utama} &= 16 \text{ mm} \\
 \text{Selimut beton} &= 40 \text{ mm} \\
 \text{Mutu beton} &= 30 \text{ Mpa} \\
 \text{Mutu baja} &= 390 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 nilai β_1 ditentukan sebesar :

Tabel 5. 8 Tabel β_1

f_c (Mpa)	28	35	42
β_1	0,85	0,8	0,75

$$\beta_1 = 0,8 + \frac{30-28}{35-28} \times 0,05 = 0,81 > 0,65$$

Menentukan tinggi efektif,

$$d = 400 - 40 - 8 - 13 = 352 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times F_c'}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,81 \times 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0,032$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,032 = 0,024$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{30} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0035$$

maka dipakai ρ_{\min} yaitu 0,0036

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_{c'}} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,3$$

• Tulangan Tumpuan

$$M_u = 7341525 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{79288470}{0,8} = 9911,05 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{99110587,5}{300 \times 123904} = 2,67$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 2,67}{390}} \right) = 0,0072 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0036 &< \rho_{\text{perlu}} < 0,024 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{asperlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 300 \times 352 = 379,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_{\text{SD16}}} = \frac{379}{201} = 1,89$$

Maka dipasang 4 tulangan

$$A_{\text{Spakai}} = n \times A_{\text{SD16}} = 4 \times 201 = 803,8 > 379 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan

$$S = \frac{\text{Lebar-decking-diameter tul.pakai}}{\text{tul.pakai}-1}$$

$$= \frac{300-40-16}{3} = 81,33 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 81,33 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{803,84}{300 \times 352} = 0,0076 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times b \times F_c'} = \frac{803,84 \times 390}{0,85 \times 300 \times 30} = 41 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \phi \times A_s \times F_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 803,84 \times 390 \left(352 - \frac{41}{2} \right) \\ &= 8314,21 \text{ Kgm} > M_u \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Cek Penampang

$$\frac{a}{d} = \frac{41}{135} = 0,055$$

$$\frac{c}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,81 = 0,305$$

$$\text{Maka } a/d < c/d \quad \text{OK}$$

Sehingga digunakan tulangan **D16-150 mm**.

• Tulangan Lapangan

$$M_u = 9911,05875 \text{ Kgm}$$

$$M_n = \frac{99110587}{0,8} = 123888234,4 \text{ Kgm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{123888234,4}{300 \times 123904} = 3,33$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{F_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 3,33}{390}} \right) = 0,0092 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0036 &< \rho_{\text{perlu}} < 0,024 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0036$$

$$\begin{aligned} \text{Asperlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 300 \times 352 = 379,1 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS_{D16}} = \frac{379}{201} = 1,89$$

Maka dipasang 5 tulangan

$$AS_{\text{pakai}} = n \times AS_{D16} = 5 \times 201 = 1005 > 379 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{\text{Lebar-decking-diameter tul.pakai}}{\text{tul.pakai}-1} \\ &= \frac{300-40-16}{3} = 81,33 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$25 \text{ mm} < 81,33 \text{ mm} < 450 \text{ m} \quad \text{OK}$$

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{1004,80}{300 \times 352} = 0,0095 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times b \times Fc'} = \frac{1004,8 \times 390}{0,85 \times 300 \times 30} = 51,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \emptyset \times As \times Fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 1004,8 \times 390 \left(352 - \frac{51,2}{2} \right) \\ &= 10232,17 \text{ Kgm} > Mu \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Cek Penampang

$$\frac{a}{d} = \frac{41}{135} = 0,055$$

$$\frac{c}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,375 \times 0,81 = 0,305$$

$$\text{Maka } a/dt < c/dt \quad \text{OK}$$

Sehingga digunakan tulangan **D16-150 mm**.

- **Penulangan Geser Balok**

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{F_c'} \times b_w \times d \\
 &= \frac{1}{6} \times 5,477 \times 300 \times 352 = 96399 \text{ N} \\
 \phi V_c &= 0,75 \times 5,477 \times 300 \times 352 = 96399 \text{ N} \\
 0,5 \phi V_c &= 0,75 \times 72299 = 36150 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Karena $V_c > V_u > 0,5 \times 0,5 \phi V_c$ maka dibutuhkan tulangan geser minimum. Dipakai tulangan $d = 13 \text{ mm}$

$$V_s \text{ min} = \frac{V_u}{\phi} = \frac{7341,5}{0,6} = 12236 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 \times A_s \\
 &= 2 \times 133 \\
 &= 265,3 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan jarak sengkang. Menurut SNI 2847:2013 ps. 11.4.5.1 bahwa spasi tulangan geser tidak boleh melebihi $d/2$ dan 600 mm.

$$\text{Syarat } S < \frac{d}{2} = 176 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan **D13 – 150 mm.**

5.5.3 Rekapitulasi Tulangan.

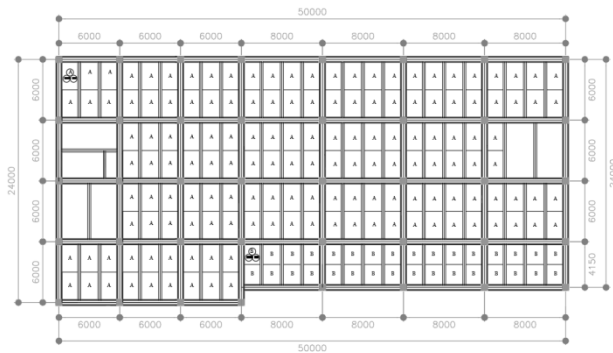
Tabel 5. 9 Rekapitulasi Tulangan Tangga

Penulangan Tangga		Penulangan Bordes		
549,5	mm ²	628	mm ²	
D10	- 120	D10	- 120	
Penulangan Lentur		Penulangan Lentur		
314	mm ²	392,5	mm ²	
D10	- 150	D10	- 150	
Penulangan Susut		Penulangan Susut		
Penulangan Balok Bordes				
Tumpuan	1004,8	mm ²	265,33	mm ²
	D16	- 150	D13	- 100
	Penulangan Lentur			
Lapangan	1205,76	mm ²	Penulangan Geser	
	D16	- 150		
	Penulangan Lentur			

BAB VI

PERMODELAN SRUKTUR

Struktur yang direncanakan dalam tugas akhir terapan ini adalah bangunan Rumah Sakit dengan jumlah lantai 8 lantai, dengan ketinggian 32 meter. Dengan denah yang direncanakan sebagai berikut :



Gambar 6. 1 Denah Kidney Centre Pracetak

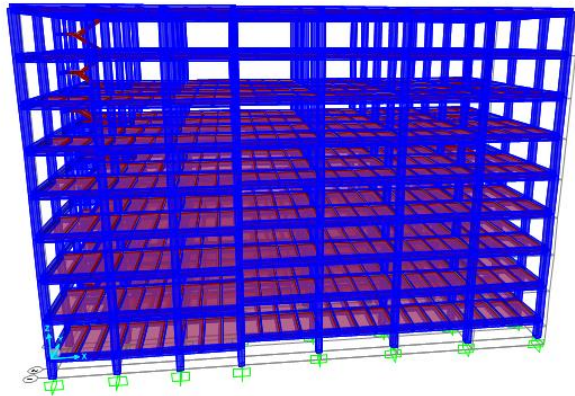
Permodelan struktur menggunakan peranti lunak SAP 2000. Pada program SAP 2000 struktur rumah sakit dalam tugas akhir ini akan dimodelkan sesuai dengan kondisi yang nyata. Program ini akan membantu dalam perhitungan yang digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan dalam SNI 1727-2012 & 2847-2013.

6.1 Perhitungan Berat Struktur

6.1.1 Berat Total Bangunan

Perhitungan nilai total berat struktur nantinya akan digunakan pada perhitungan gaya geser statik. Nilai tersebut

digunakan untuk menentukan apakah struktur rumah sakit Kidney Centre yang menggunakan pembebanan gempa dinamik gaya gesernya sudah mencapai 80% gaya geser seismik.



Gambar 6. 2 Permodelan Struktur Kidney Centre

6.2 Gempa Rencana

Sebagai input data pada SAP 2000, diperlukan data percepatan respon spektrum (MCE). Penentuan wilayah gempa dapat dilihat dan didapat dari Puskim. S_s gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaian (MCER). Parameter gerak tanah untuk percepatan respon spektral 0,2 detik dalam g, (5% redman kritis), kelas situs SB. Dalam tugas akhir ini menggunakan data tanah surabaya sebagai datanya, sehingga didapatkan nilai $S_s = 0,663$ g & $S_1 = 0,247$.

6.3 Arah Pembebanan

Menurut SNI 1726-2012 Pasal 12.6 untuk analisa dinamis bangunan struktur terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga). Pengaruh pembebanan gempa rencana arah utama harus dianggap

efektif 100% dan dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh beban gempa yang arahnya tegak lurus 30%.

- Faktor keutamaan (I_e) pada hunian (Ps. 4.1.2)
Memiliki $I_e = 1,5$
- Faktor modifikasi (R^a) Rangka beton bertulang pemikul momen khusus (ps. 7.2.2) Memiliki $R^a = 8$

Sehingga gaya gempa respon spektrum memiliki faktor skala,

$$\frac{I_e \times g}{R^a} = \frac{1,5 \times 9,8}{8} = 1,84 \text{ Untuk 100\% arah utama}$$

Dan, $1,8375 \times 0,3 = 0,5513$ Untuk 30% arah tegak lurus

6.3.1 Parameter Respon Spektrum Rencana

Parameter respon spektrum digunakan untuk menentukan gaya gempa yang direncanakan pada sebuah struktur. Tugas akhir terapan ini dalam perhitungan gaya gempa menggunakan analisis dinamis seusia dengan SNI 03-1726-2012. Berikut parameter respon spektrum untuk wilayah Surabaya dengan kondisi tanah lunak (kelas situs E).

Tabel 6. 1 Parameter Respon Spektrum

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,325
SS (g)	0,663
S1 (g)	0,247
CRS	0,991
CR1	0,929
FPGA	1
FA	1

FV	3,012
PSA (g)	0,366
SMS (g)	0,911
SM1 (g)	0,744
SDS (g)	0,607
SD1 (g)	0,496
T0 (detik)	0,163
TS (detik)	0,817

Dari data tabel diketahui $SDS = 0,607$ dan $SD1 = 0,525$. Maka kriteria desain seismik termasuk kriteria D.

6.3.2 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1726 : Pasal 4.2 struktur harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi beban sebagai berikut :

1. 1,4DL
2. 1,2DL + 1,6LL + 0,5R
3. 1,2D + 1,6 LR + 1L
4. 1,2D + 1,6LR + 0,5W
5. 1,2D + 1W + 1L + 0,5LR
6. 0,9D + 1W
7. 0,9D+1E

Menurut SNI 1726 : 2012 Pasal 8.3.1.3 pengaruh gempa pada kombinasi dasar untuk desain kekuatan :

5. $(0,9D - 0,2Sds) + 1E$
6. $(1,2D + 0,2Sds) + 1E + L + 0,2LR$

Dimana, $0,2 \times Sds = 0,2 \times 0,61 = 0,12$ maka,

5. $(0,9D - 0,2Sds) + 1E$
6. $(1,2D + 0,2Sds) + 1E + L + 0,2LR$

Menurut SNI 1726 : 2012 Pasal 7.4.2.1 Pengaruh gempa horizontal harus ditentukan sebagai berikut :

$$E = p \times Qe$$

Dimana,

$$p = \text{Faktor redudansi} = 1,3 \text{ (Ps 7.3.4.2)}$$

$$E = 1,3 \times 1E = 1,3$$

Sehingga kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisa program SAP 2000 adalah sebagai berikut :

1. 1,4DL
2. 1,2DL + 1,6LL + 0,5R
3. 1,2D + 1,6 LR + 1L
4. 1,2D + 1,6LR + 0,5W
5. 1,32DL + 1,3E + L
6. 0,78DL + 1,3E

6.4 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3D, pembebanan struktur serta runnibg SAP 2000. Maka hasil analisis struktur harus dikontrol dengan btasan-batasan yang sudah tertera dalam SNI 03-1726 – 2012 untuk menentukan kelayakan sistem tersebut.

6.4.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 Ps 7.9.1 Perhitungan analisa dinamis harus mempunyai kombinasi partisipasi massa paling sedikit 90% dari massa aktual masing-masing arah. Berikut hasil partisipasi massa menggunakan bantuan program SAP2000 :

Tabel 6. 2 Partisipasi Massa SAP 2000

Output	Step	Sum	Sum
Case	Num	UX	UY
MODAL	1	0,7607	0,0014
MODAL	2	0,7625	0,6855
MODAL	3	0,7626	0,7619
MODAL	4	0,8525	0,7621
MODAL	5	0,8528	0,847
MODAL	6	0,8528	0,8559
MODAL	7	0,8858	0,8559
MODAL	8	0,8859	0,8864
MODAL	9	0,8859	0,8892
MODAL	10	0,9034	0,8893
MODAL	11	0,9035	0,9056
MODAL	12	0,90346 0,90347	0,9057
MODAL	13	0,9035	0,9071
MODAL	14	0,9141	0,9068
MODAL	15	0,9141	0,9171
MODAL	16	0,9141	0,9187

Dari tabel di atas di dapat partisipasi massa arah X sebesar 91,34% pada moda ke 16 dan partisipasi massa arah Y sebesar 91,8% pada moda ke 16. Maka disimpulkan bahwa analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.91 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90%.

6.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah terjadinya struktur bangunan yang terlalu fleksibel, maka nilai waktu getar alami fundamnetal (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Untuk periode fundamental struktur harus ditentukan dari ;

$$T = C_t \times h_n^x$$

Nilai T tersebut adalah batas bawah periode struktur, sedangkan untuk mendapatkan nilai batas atas maka dikalikan dengan koefisien, yang tergantung dari SD1

$$C_t = 0,0466a$$

$$x = 0,9a$$

$$h_n = 32 \text{ m}$$

Sehingga,

$$T = 1,1 \text{ s (batas bawah)}$$

Untuk SD1 = 0,17 maka Cu adalah 1,4

$$C_u \times T = 1,2 \times 1,1$$

$$= 1,55 \text{ (batas atas)}$$

Dari hasil analisa SAP 2000 didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 6. 3 Periode SAP 2000

Step Num	Period
1	1,423
2	1,4
3	1,208
4	0,465
5	0,457
6	0,395
7	0,269

8	0,263
9	0,22
10	0,18

Dari tabel di atas di dapatkan hasil $T = 1.423$. Sehingga, berdasarkan kontrol yang sudah dihitung, batas atas yang didapat sebesar 1.55. Menurut persyaratan SNI 03-1726-2012 PASAL 7.82 mengenai kontrol waktu getar alami fundamental masih memenuhi syarat.

6.4.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan peraturan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditentukan tidak boleh kurang dari 85% nilai respon statik.

Rumus Gaya Geser : $V = C_s \times W$ (ps. 7.8.1)

$$C_s = \frac{\frac{SDS}{R}}{I_e} = \frac{\frac{0,61}{8}}{1,5} = 0,1138$$

Nilai C_s yang diambil tidak boleh lebih kecil dari

$$C_s = \frac{\frac{SD1}{R \times T}}{I_e} = \frac{\frac{0,5}{11,3}}{1,5} = 0,066$$

Dan tidak boleh lebih kecil dari

$$C_s = 0,044 \times SDS \times I_e = 0,0401$$

Sehingga diambil nilai $C_s = 0,1138$

Dari analisis yang didapatkan dari SAP 2000, nilai berat struktur Rumas Sakit Kidney Centre adalah

Tabel 6. 4 Berat Struktur

Output Case	Global FX	Global FY	Global FZ
1.4D	-2,36E-08	1,03E-07	15104173
1.2D + 1.6L	1,67E-08	1,23E-07	16254387
1,32DL + 1,3RX + 1L	7,59E+05	135255,15	16310110
1,32DL + 1,3RY + 1L	151734,3	708100,65	16308951
1D + 1L	6,22E-09	9,52E-08	12856165
0,78DL + 1RX	505786,18	135255,15	8416744,4
0,78DL + 1RY	151734,3	708100,65	8415585,7

$$\begin{aligned}
 V \text{ statik} &= C_s \times W \\
 &= 0,066 \times 12856165 \\
 &= 847959,85 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Dari tabel di atas didapat berat struktur (W) berdasarkan kombinasi 1D + 1L = 847959,85 Kg. Sehingga, nilai base shear yang didapat dari SAP sebagai berikut :

Tabel 6. 5 Nilai Base Shear

Beban gempa	Global Fx	Global Fy
Text	kgf	kgf
GEMPA X	7,59E+05	135255,15
GEMPA Y	151734,3	708100,652

Maka kontrol yang dilakukan,

- Untuk gaya gempa arah X
 $V \text{ Dinamik} > 85\% V \text{ statik}$
 $758579,27 > 678367,877$ **OK**
- Untuk gaya gempa arah Y
 $V \text{ Dinamik} > 85\% V \text{ statik}$
 $708100,65 > 678367,877$ **OK**

6.4.4 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (Drift)

Pembatasan simpangan antar lantai dilakukan bertujuan untuk mencegah kerusakan atau kehancuran struktur saat beban gempa diterapkan.

$$\Delta_a = 0,02 h_{ax} \text{ (SNI 1726 : 2012 tb. 16)}$$

$$P = 1,3 \text{ (Faktor redudansi ps. 7.3.4.2)}$$

Menurut SNI 1726:2012 Ps. 7.12 simpangan ijin pada rangka pemikul momen dengan kategori desain D yaitu,

$$\Delta i < \frac{\Delta a}{p}$$

Sehingga kontrol simpangan antar lantai,

$$\Delta 1 \text{ untuk lantai 1, } \delta 1 = \frac{Cd \times \delta e1}{I_e}$$

Menurut SNI 1726:2012 Ps. 7.9.3 untuk masing-masing lantai harus ditinjau simpangan yang terjadi,

$$\Delta 1 \text{ untuk lantai 1, } \delta 1 = \frac{Cd \times (\delta e2 - \delta e1)}{I_e}$$

Dimana,

$C_d = 5,5$ (SNI 1726 : 2012 tb.9)

$I_e = 1$ (SNI 1726 : 2012 ps 4.1.2)

δe_1 = Simpangan akibat gempa lantai 1

δe_2 = Simpangan akibat gempa lantai 2

Dari analisa akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP2000, diperoleh simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut :

Tabel 6. 6 Simpangan

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa				Gempa			
	Zi	Arah X				Arah Y			
		Simpangan				Simpangan			
	m	X	m m	Y	m m	X	m m	Y	m m
8	32	42,4		15,1		13,4		48,8	
7	28	40,6		14,3		12,8		46,5	
6	24	37,6		13,1		11,9		42,7	
5	20	33,4		11,5		10,6		37,5	
4	16	28,1		9,5		8,9		31,3	
3	12	21,8		7,3		6,9		24,1	
2	8	14,7		4,9		4,7		16,1	
1	4	7		2,3		2,2		7,6	

Tabel 6. 7 Gempa arah X, Simpangan arah X

Lantai	elevasi i (m)	δe_i (mm)	δi (mm)	Δ (mm)	$\Delta a/p$ (mm)	Ke t
8	32	42,4	1,8	9,9	61,5	ok
7	28	40,6	3	16,5	61,5	ok
6	24	37,6	4,2	23,1	61,5	ok
5	20	33,4	5,3	29,15	61,5	ok
4	16	28,1	6,3	34,65	61,5	ok
3	12	21,8	7,1	39,05	61,5	ok
2	8	14,7	7,7	42,35	61,5	ok
1	4	7	7	38,5	61,5	ok

Tabel 6. 8 Gempa arah X, Simpangan arah Y

Lantai	elevasi i (m)	δe_i (mm)	δi (mm)	Δ (mm)	$\Delta a/p$ (mm)	Ke t
8	32	15,1	0,8	4,4	61,5	ok
7	28	14,3	1,2	6,6	61,5	ok
6	24	13,1	1,6	8,8	61,5	ok
5	20	11,5	2	11	61,5	ok
4	16	9,5	2,2	12,1	61,5	ok
3	12	7,3	2,4	13,2	61,5	ok
2	8	4,9	2,6	14,3	61,5	ok
1	4	2,3	2,3	12,65	61,5	ok

Tabel 6. 9 Gempa arah Y, Simpangan arah Y

Lantai	elevasi i (m)	δe_i (mm)	δi (mm)	Δ (mm)	$\Delta a/p$ (mm)	Ke t
8	32	48,8	2,3	12,65	61,5	ok
7	28	46,5	3,8	20,9	61,5	ok
6	24	42,7	5,2	28,6	61,5	ok
5	20	37,5	6,2	34,1	61,5	ok
4	16	31,3	7,2	39,6	61,5	ok
3	12	24,1	8	44	61,5	ok
2	8	16,1	8,5	46,75	61,5	ok
1	4	7,6	7,6	41,8	61,5	ok

6.5 Verifikasi Permodelan

a. Kontrol Berat Bangunan

Tabel 6. 10 Berat Bangunan

Plat				
Beban Mati	Qu (Kg/m ²)	Luas Area (m ²)	Jumlah	Berat (Kg)
	336	902,835	8	2426820,48
Beban Hidup	Qu (Kg/m ²)	Luas Area (m ²)	Jumlah	Berat (Kg)
	192	890,46	8	1545673
	497	12,375	8	85678
Tangga	Qu (Luas Area	Jumlah	Berat (Kg)

	Kg/m ²)	(m ²)		
	672	36	8	193536
Balok Anak				
Tipe 1	Qu (Kg/m)	Panjang (m)	Jumlah	Berat (Kg)
	360	5,7	424	870048
Tipe 2	Qu (Kg/m)	Panjang (m)	Jumlah	Berat (Kg)
	360	4,2	96	145152
Lift	Qu (Kg/m)	Panjang (m)	Jumlah	Berat (Kg)
	144	2,3	8	2649,6
Tangga	Qu (Kg/m)	Panjang (m)	Jumlah	Berat (Kg)
	144	2,3	8	2649,6
Balok Induk				
Memanjang	Qu (Kg/m)	Panjang (m)	Jumlah	Berat (Kg)
	576	5,7	80	262656
Memanjang	Qu (Kg/m)	Panjang (m)	Jumlah	Berat (Kg)
	576	7,4	160	681984
Melintang	Qu (Kg/m)	Panjang (m)	Jumlah	Berat (Kg)
	360	5,7	216	443232
Melintang	Qu (Kg/m)	Panjang (m)	Jumlah	Berat (Kg)
	360	4,2	40	60480
Kolom				
Tipe 1	Qu (Kg/m)	Panjang (m)	Jumlah	Berat (Kg)
	600	4	320	768000

Lift	Qu (Kg/m)	Panjang (m)	Jumlah	Berat (Kg)
	384	4	8	12288
Berat Lain				
Lift	Qu (Kg/m)	Jumlah		Berat (Kg)
	6900	4		27600
Dinding	Qu (Kg/m)	Panjang (m)	Jumlah	Berat (Kg)
	345	139,9	8	386124
Berat Total Struktur				7914571

Prosentase Perbandingan perhitungan manual dengan SAP 2000 yaitu :

$$\frac{879266 - 79414571}{87354634} \times 100 \% = 10,05 \%$$

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB VII

PERHITUNGAN STRUKTUR UTAMA

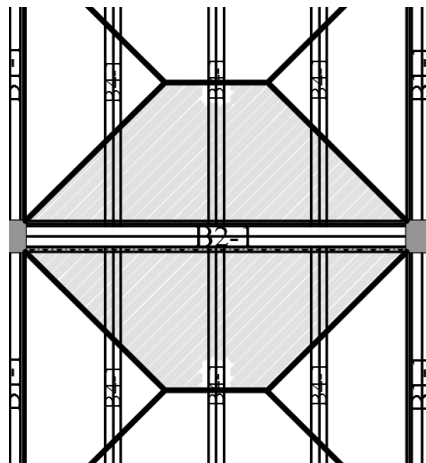
7.1 Desain Penulangan Balok Induk

Data Perencanaan

- $l = 7400 \text{ mm}$ Tul. Lentur $= 25 \text{ mm}$
- $B_w = 600 \text{ mm}$ Tul. Geser $= 13 \text{ mm}$
- $D_1 = 600 \text{ mm}$ $F_c' \text{ beton} = 30 \text{ Mpa}$
- Decking $= 40 \text{ mm}$ $F_y \text{ baja} = 390 \text{ Mpa}$
- $B_f = 200 \text{ mm}$ $B_j \text{ Beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$
- $B. \text{ Hidup} = 192 \text{ kg/m}^2$ $B. \text{ Pekerja} = 250 \text{ Kg}$

7.1.2 Balok Induk Sebelum Komposit

Distribusi pembebanan sebelum komposit menggunakan perhitungan tributari area pembebanan trapesium dengan beban terbesar saat pengecoran dilakukan. Menurut ps. 13.6.8 untuk balok dengan $\alpha = 1$ (slab dengan 4 tumpuan). Maka proporsi daerah tributari dibatasi oleh garis 45° .



Gambar 7. 1 Tributari Area Pembebanan Balok Induk

Luas tributari pembebanan pada balok induk

$L1 = L2$ dikarenakan luas tributari pembebanan sama.

$$L1 = \frac{7400+1988}{2} \times 2700 = 12,67 \text{ mm}^2$$

Sehingga luas total adalah $L1 + L2 = 12,67 + 12,67 = 25,34 \text{ mm}^2$

Beban hidup

$$Ql = \frac{192 \times 25,34}{7,4} = 657 \text{ kg/m}$$

Beban Mati

- Berat Pelat = $\frac{2400 \times 0,14 \times 25}{7,4} = 1151 \text{ kg/m}$

- Berat Balok = $2400 \times 0,7 \times 0,4 + 0,04 = 768 \text{ kg/m}$

$$Qd = 2015 \text{ kg/m}$$

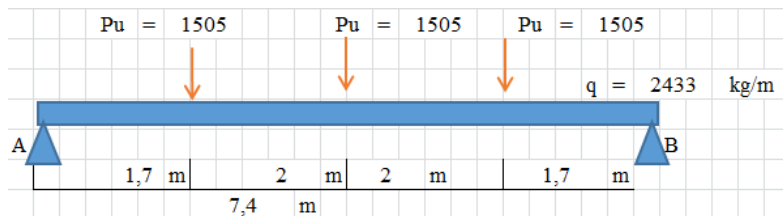
$$Qu = 1,2DL + 1,6LL$$

$$= 1,2 \times 1151 + 1,6 \times 657 = 2433 \text{ kg/m}$$

Beban terpusat balok anak

- Balok anak = $2400 \times 0,3 \times 0,4 \times 5,6$
 $= 1505 \text{ kg/m}$

Mekanika teknik balok induk



Gambar 7. 2 Pembebanan Balok Induk

Distribusi beban terpusat pada perletakan

$$\Sigma MB=0$$

$$VPA \times 7,4 - Pu \times 1,7 - Pu \times 4 - Pu \times 6 = 0$$

$$7,4 Va - 2559 - 5569 - 8579 = 0$$

$$VPA = 2257,5 \text{ Kn (+)}$$

Gaya geser maksimum

$$VA = \frac{qu \times l}{2} + VPA = \frac{2433 \times 7,4}{2} + 2257,5 = 11258,3 \text{ Kg}$$

$$VA = \frac{qu \times l}{2} + VPB = \frac{2433 \times 7,4}{2} + 2257,5 = 11258,3 \text{ Kg}$$

Momen Maksimum

Mmax terjadi pada saat D = 0

$$D_{BC} = 11258 - 2257,5 - 2433 \times L_1 = 0$$

$$L_1 = 3,7 \text{ m dari titik B}$$

Sehingga Mmax pada balok induk sebesar

$$\begin{aligned} M_{\max} &= VB \times L_1 - QU \times L_1 \times 0,5 L_1 \\ &= 11258 \times 3,7 - 2433 \times 3,7 \times 1,9 \\ &= 25004,2 \text{ Kgm (Momen Lapangan)} \end{aligned}$$

Penulangan Lentur Balok

Menentukan tinggi efektif,

$$d = 700 - 50 - 8 - 10 = 632 \text{ mm}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times F_{c'} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)}{F_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,81 \times 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0,032$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,032 = 0,024$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{F_c}}{F_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{30} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0035$$

maka dipakai ρ_{\min} yaitu 0,0036

$$m = \frac{F_y}{0,85 \times F_{c'}} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,3$$

Tulangan Diperlukan

$$Mu = 25004 \text{ Kgm}$$

$$Mn = \frac{25004,20}{0,8} = 31255 \text{ Kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{31255250}{400 \times 391876} = 1,994 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{Fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,3 \times 1,99}{390}} \right) = 0,00533\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga } \rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \\ 0,0036 &< \rho_{\text{perlu}} < 0,024 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0,0036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Asperlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0036 \times 400 \times 626 = 898,87 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$n = \frac{AS_{\text{perlu}}}{AS_{D22}} = \frac{898,9}{379,94} = 2,37$$

Maka dipasang 3 tulangan

$$AS_{\text{pakai}} = n \times AS_{D22} = 3 \times 380 = 1139,8 > 898,87 \text{ mm}^2$$

Kontrol Jarak Tulangan

Menurut SNI 2847 2013 ps. 10.6 untuk membatasi retak akibat lentur. Spasi tulangan, S tidak boleh melebihi :

$$Fs = 2/3 \times Fy = 2/3 \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

Decking = 40 mm

$$S_{\text{max}} = 380 \times \frac{280}{Fs} - 2,5 \times \text{decking}$$

$$S_{\text{max}} = 380 \times \frac{280}{260} - 2,5 \times 40 = 309 \text{ mm}$$

Maka,

$$S = \frac{\text{tinggi balok-decking-jmlh dia,tul pakai}}{\text{tul.pakai}-1}$$

$$S = \frac{700-80-88}{3} = 77,3 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 77,3 \text{ mm} < 309 \text{ mm}$$

Sehingga pada lapangan digunakan tulangan 4D22 dengan jarak spasi 100 mm

Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{1519,76}{400 \times 626} = 0,0061 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times b \times Fc'} = \frac{1519,76 \times 390}{0,85 \times 400 \times 30} = 58,1 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \emptyset \times As \times Fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 1519,8 \times 390 \left(626 - \frac{58,1}{2} \right) \\ &= 28305,09 \text{ Kgm} > \text{Mulapangan} . \end{aligned}$$

7.1.2 Balok Induk Setelah Komposit

Menurut SNI 2847:2013 nilai β_1 ditentukan sebesar :

Tabel 7. 1 Tabel β_1

f'c (Mpa)	β_1
28	0,85
35	0,8
42	0,75

Menggunakan interpolasi sebagai berikut :

$$\beta_1 = 0,8 + \frac{30-28}{35-28} \times 0,05 = 0,81 > 0,65$$

A. Cek Balok Memenuhi Definisi Komponen Struktur Lentur

- **Gaya aksial tekan terfaktor maksimum $0,1 A_g F_c'$**

$$\begin{aligned} 0,1 \times A_g \times F_c' &= 0,1 \times 400 \times 700 \times 30 \\ &= 840 \text{ Kn} \end{aligned}$$

Berdasarkan gaya analisa struktur SAP 2000 didapatkan gaya aksial tekan akibat kombinasi gaya gempa dan gravitasi sebesar 121 Kn. **OK**

- **Bentang Bersih Komponen Struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya**

$$d = 700 - 50 - 10 - 11 = 629 \text{ mm}$$

$$L_n/d = \frac{7400}{629} = 11,8 \text{ OK}$$

- **Perbandingan Lebar Terhadap Tinggi Tidak Boelh Kurang Dari 0,3**

$$b/h = 0,57 > 0,3 \text{ OK}$$

- Lebar Komponen Tidak Boleh :

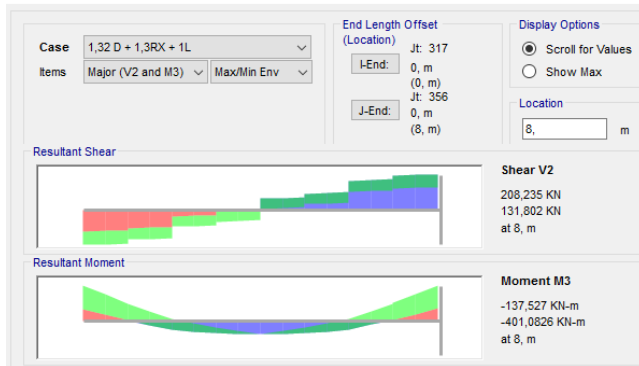
- a) Kurang dari 250 mm
- b) Melebihi lebar komponen struktur pendukung
- c)

B. Gaya – gaya dalam yang terjadi pada struktur

Analisa gaya dalam pada balok Frame 389 (kritis) akibat beban gravitasi dan beban gempa.

- Interior Kanan

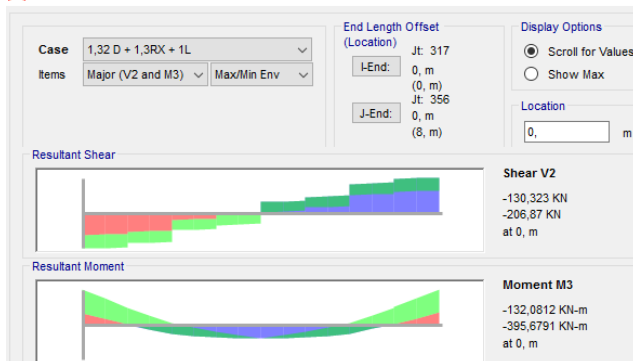
✠ Diagrams for Frame Object 389 (Balok Induk Memanjang 400/700)



Gambar 7. 3 Moment interior kanan

- Interior Kiri

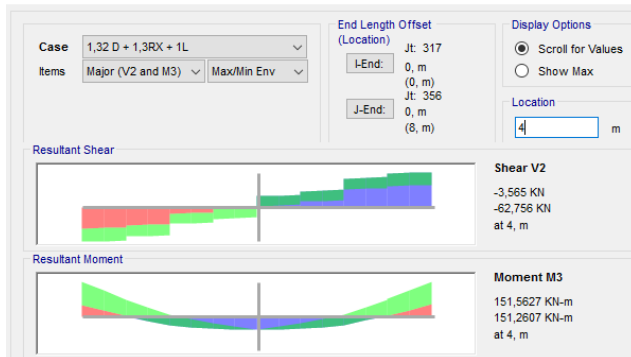
✠ Diagrams for Frame Object 389 (Balok Induk Memanjang 400/700)



Gambar 7. 4 Moment Interior Kiri

- **Tengah Bentang**

 Diagrams for Frame Object 389 (Balok Induk Memanjang 400/700)



Gambar 7. 5 Moment Tengah Bentang

Rekapitulasi :

Tabel 7. 2 Rekapitulasi Momen

Kondisi	Lokasi	Arah	Mu (kN-m)
		Goyangan	
1	Ujung Interior Kanan	Kanan	401,08
	Negatif		
2	Ujung Interior Kiri	Kiri	395,4
	Negatif		
3	Ujung Eksterior-Ki (ke tengah)	Kanan	132,08
	Positif		
4	Ujung Eksterior-Ka (ke tengah)	Kiri	137,53
	Positif		
5	Tengah Bentang	Kanan kiri	151,56

C. Keperluan Baja Tulangan Menahan Momen Lentur

Kondisi 1 $\mu = 401,08 \text{ Knm}^2$

- a. Diameter tulangan lentur balok harus dibatasi sehingga dimensi tumpuan (kolom) paralel terhadap tulangan sekurang-kurangnya 20 db

$$\begin{aligned} \text{Diameter maksimum} &= 700 \text{ mm} : 20 \\ &= 35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D22

$$d = 700 - 50 - 10 - 22 = 618 \text{ mm}$$

Asumsi awal :

$$J = 0,85 \text{ (Koef. Lengan Momen)}$$

$$\Phi = 0,9 \text{ (Faktor Reduksi Lentur)}$$

$$\beta_1 = 0,81$$

$$A_s = \frac{\mu}{\phi \times F_y \times J \times d} = \frac{401082000}{0,9 \times 390 \times 0,85 \times 618} = 2175 \text{ mm}^2$$

Tabel 7. 3 Tulangan As

Jenis	Dimensi				Jumlah	As (mm ²)
	Diemeter			Luas/bar		
22	22			379,94	6	2279,6

Tinggi blok tegangan tekan ekuivalen aktual adalah

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times F_c' \times b} = \frac{2280 \times 390}{0,85 \times 30 \times 400} = 87,163 \text{ mm}$$

Momen nominal aktual

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times F_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,9 \times 2280 \times 390 \times \left(618 - \frac{113}{2} \right) \\ &= 459,62 \text{ Kn-m} \end{aligned}$$

b. Cek As Minimum

$$As_{min} = \frac{\sqrt{F_c'} \times b \times d}{4 \times F_y} = \frac{\sqrt{30} \times 400 \times 618}{4 \times 390} = 868 \text{ mm}^2$$

Tapi, tidak boleh kurang dari

$$\frac{1,4}{F_y} b \times d = \frac{1,4}{390} 400 \times 618 = 887 \text{ mm}^2$$

c. Cek Rasio Tulangan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{2279,64}{400 \times 618} = 0,0092$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times F_c'}{F_y} \left(\frac{600}{600 + F_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,81 \times 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0,032$$

$$0,75 \rho_b = 0,85 \times 0,032 = 0,02$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

d. Penampang Tension Controlled

$$d = 700 - 50 - 10 - 11 = 629$$

$$\frac{a}{d} = \frac{113}{629} = 0,1789 \text{ dan } \frac{a}{d} = 0,375 \times \beta_1 = 0,31$$

Syarat desain tulangan under reinforced $a/d < a_t/d$ **OK**

e. Jarak Tulangan

Digunakan 6 Baja tulangan D22

$$As_{perlu} = \rho_{pakai} \times b \times d$$

$$= 0,0036 \times 400 \times 618 = 887,38 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{D22}} = \frac{887,38}{379,94} = 4,6$$

Maka dipasang 6 tulangan

$$A_{spakai} = 6 \times A_{SD22} = 5 \times 380 = 2279,6 > 898,87 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847 2013 ps. 10.6 untuk membatasi retak akibat lentur. Spasi tulangan, S tidak boleh melebihi :

$$F_s = 2/3 \times F_y = 2/3 \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

Decking = 40 mm

$$S_{max} = 380 \times \frac{280}{F_s} - 2,5 \times \text{decking}$$

$$S_{max} = 380 \times \frac{280}{260} - 2,5 \times 50 = 284 \text{ mm}$$

Maka,

$$S = \frac{\text{tinggi balok} - \text{decking} - \text{jmlh dia, tul pakai}}{\text{tul.pakai} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 44 - 132}{4} = 44,8 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 61,50 \text{ mm} < 309 \text{ mm}$$

Sehingga pada lapangan digunakan tulangan 6D22 dengan jarak spasi 150 mm.

f. Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{2279,64}{400 \times 618} = 0,0092 > \rho_{perlu}$$

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times b \times F_{c'}'} = \frac{2279,64 \times 390}{0,85 \times 400 \times 30} = 87,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \mu &= \phi \times A_s \times F_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 1889,7 \times 390 \left(618 - \frac{87,2}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 41902,97 \text{ Kgm} > \text{Mulapangan} . \quad \mathbf{OK}$$

Kondisi 2

Kolom interior kiri, momen negatif tumpuan, goyangan kiri.
kebutuhan detailing penampang sama dengan kondisi 1 yaitu sama seperti pada kondisi 1 yaitu 6D22 Untuk memikul $M_u = 395,4 \text{ Knm}$.

Kondisi 3

Kolom interior kiri, momen positif tumpuan, goyangan ke kanan.
SNI Beton ps. 21.5.2.2, bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari $1/2$ kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

$$\begin{aligned} M_u &= 0,5 \times \phi M_n\text{-interior} \\ &= 198 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter maksimum} &= 700 \text{ mm} : 20 \\ &= 35 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D22

$$d = 700 - 50 - 10 - 11 = 629 \text{ mm}$$

Asumsi awal :

$$J = 0,85 \text{ (Koef. Lengan Momen)}$$

$$\Phi = 0,9 \text{ (Faktor Reduksi Lentur)}$$

$$\beta_1 = 0,81$$

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \times F_y \times J \times d} = \frac{197700000}{0,9 \times 390 \times 0,85 \times 629} = 1053 \text{ mm}^2$$

Tabel 7. 4 Tulangan A_s

Jenis	Dimensi				Jumlah	As (mm ²)
	Diemeter			Luas/bar		
22	22			379,94	3	1139,8

Tinggi blok tegangan tekan ekuivalen aktual adalah

$$a. = \frac{As \times Fy}{0,85 \times Fc' \times b} = \frac{1140 \times 390}{0,85 \times 30 \times 400} = 43,581 \text{ mm}$$

Momen nominal aktual

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times As \times Fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 0,9 \times 1140 \times 390 \times \left(618 - \frac{43,58}{2}\right) \\ &= 242,93 \text{ Kn-m} \end{aligned}$$

b. Cek As Minimum

$$As_{\min} = \frac{\sqrt{Fc'} \times bw \times d}{4 \times Fy} = \frac{\sqrt{30} \times 400 \times 629}{4 \times 390} = 883 \text{ mm}^2$$

Tapi, tidak boleh kurang dari

$$\frac{1,4}{Fy} bw d = \frac{1,4}{390} 400 \times 629 = 903 \text{ mm}^2$$

c. Cek Rasio Tulangan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{1139,82}{400 \times 629} = 0,0045$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times Fc'}{Fy} \left(\frac{600}{600 + Fy} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,81 \times 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0,032$$

$$0,75 \rho_b = 0,85 \times 0,032 = 0,02$$

$$P_{\min} = \frac{1,4}{Fy} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

d. Penampang Tension Controlled

$$d = 700 - 50 - 10 - 11 = 629$$

$$\frac{a}{dt} = \frac{43,6}{629} = 0,0693 \text{ dan } \frac{atd}{dt} = 0,375 \times \beta_1 = 0,31$$

Syarat desain tulangan under reinforced $a/dt < atd/dt$ **OK**

e. Jarak Tulangan

Digunakan 3 Baja tulangan D22

$$A_{\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0,0036 \times 400 \times 629 = 903,18 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{\text{S perlu}}}{A_{\text{S D22}}} = \frac{903,2}{379,94} = 2,38$$

Maka dipasang 3 tulangan

$$A_{\text{Spakai}} = 3 \times A_{\text{SD22}} = 3 \times 380 = 1139,8 > 903,18 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847 2013 ps. 10.6 untuk membatasi retak akibat lentur. Spasi tulangan, S tidak boleh melebihi :

$$F_s = 2/3 \times F_y = 2/3 \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

$$\text{Decking} = 40 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max}} = 380 \times \frac{280}{F_s} - 2,5 \times \text{decking}$$

$$S_{\text{max}} = 380 \times \frac{280}{260} - 2,5 \times 50 = 284 \text{ mm}$$

Maka,

$$S = \frac{\text{tinggi balok} - \text{decking} - \text{jmlh dia, tul pakai}}{\text{tul.pakai} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 44 - 66}{2} = 145 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 145 \text{ mm} < 309 \text{ mm}$$

Sehingga pada lapangan digunakan tulangan 3D22 dengan jarak spasi 150 mm.

f. Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{1139,82}{400 \times 629} = 0,0045 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times b \times Fc'} = \frac{1139,82 \times 390}{0,85 \times 400 \times 30} = 43,6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \phi \times As \times Fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 1139,8 \times 390 \left(629 - \frac{43,6}{2} \right) \\ &= 22147,50 \text{ Kgm} > \text{Mulapangan} . \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Kondisi 4

Kolom interior kanan, momen positif tumpuan, goyangan ke kiri.
Kebutuhan detailing penampang sama dengan untuk kondisi 3 yaitu diperlukan 3D22 untuk memikul $Mu = 137,53 \text{ Knm}$

Kondisi 5

tengah bentang, momen positif, goyangan ke kanan dan kiri.
SNI Beton pasal 21.5.2.2, baik kuat lentur negatif maupun positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/4 kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom.

$$Mu = 459,62 \text{ Knm}, 0,25 \times \phi Mu = 115 \text{ Knm}$$

$$Mu = 280 \text{ Knm} > 0,25 \times \phi Mu = 115 \text{ Knm}$$

$$\text{Diameter maksimum} = 700 \text{ mm} : 20$$

$$= 35 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D22

$$d = 700 - 50 - 10 - 11 = 629 \text{ mm}$$

Asumsi awal :

$$J = 0,85 \text{ (Koef. Lengan Momen)}$$

$$\Phi = 0,9 \text{ (Faktor Reduksi Lentur)}$$

$$\beta_1 = 0,81$$

$$As = \frac{Mu}{\phi \times Fy \times J \times d} = \frac{280000000}{0,9 \times 390 \times 0,85 \times 629} = 1492 \text{ mm}^2$$

Tabel 7. 5 Tulangan As

Jenis	Dimensi					Jumlah	As (mm ²)
D	Diemeter				Luas/bar		
22	22				379,94	3	1139,8

Tinggi blok tegangan tekan ekuivalen aktual adalah

$$f. = \frac{As \times Fy}{0,85 \times Fc' \times b} = \frac{1140 \times 390}{0,85 \times 30 \times 400} = 43,581 \text{ mm}$$

Momen nominal aktual

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi \times As \times Fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 0,9 \times 1140 \times 390 \times \left(618 - \frac{43,58}{2}\right) \\ &= 242,93 \text{ Kn-m} \end{aligned}$$

g. Cek As Minimum

$$As_{\min} = \frac{\sqrt{Fc'} \times bw \times d}{4 \times Fy} = \frac{\sqrt{30} \times 400 \times 629}{4 \times 390} = 883 \text{ mm}^2$$

Tapi, tidak boleh kurang dari

$$\frac{1,4}{Fy} bw d = \frac{1,4}{390} 400 \times 629 = 903 \text{ mm}^2$$

h. Cek Rasio Tulangan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{1139,82}{400 \times 629} = 0,0045$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times Fc'}{Fy} \left(\frac{600}{600 + Fy} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,81 \times 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) = 0,032$$

$$0,75 \rho_b = 0,85 \times 0,032 = 0,02$$

$$P_{\min} = \frac{1,4}{Fy} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

i. Penampang Tension Controlled

$$d = 700 - 50 - 10 - 11 = 629$$

$$\frac{a}{dt} = \frac{43,6}{629} = 0,0693 \text{ dan } \frac{atd}{dt} = 0,375 \times \beta_1 = 0,31$$

Syarat desain tulangan under reinforced $a/dt < atd/dt$ **OK**

j. Jarak Tulangan

Digunakan 3 Baja tulangan D22

$$As_{perlu} = \rho_{pakai} \times b \times d$$

$$= 0,0036 \times 400 \times 629 = 903,18 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{AS_{perlu}}{AS_{D22}} = \frac{903,2}{379,94} = 2,38$$

Maka dipasang 3 tulangan

$$AS_{pakai} = 3 \times AS_{D22} = 3 \times 380 = 1139,8 > 903,18 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847 2013 ps. 10.6 untuk membatasi retak akibat lentur. Spasi tulangan, S tidak boleh melebihi :

$$F_s = 2/3 \times F_y = 2/3 \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

Decking = 40 mm

$$S_{\max} = 380 \times \frac{280}{F_s} - 2,5 \times \text{decking}$$

$$S_{\max} = 380 \times \frac{280}{260} - 2,5 \times 50 = 284 \text{ mm}$$

Maka,

$$S = \frac{\text{tinggi balok} - \text{decking} - \text{jmlh dia, tul pakai}}{\text{tul.pakai} - 1}$$

$$S = \frac{400 - 44 - 66}{2} = 145 \text{ mm}$$

$$25 \text{ mm} < 145 \text{ mm} < 309 \text{ mm}$$

Sehingga pada lapangan digunakan tulangan 3D22 dengan jarak spasi 150 mm.

f. Kontrol Kekuatan

$$\rho = \frac{As}{b \times d} = \frac{1139,82}{400 \times 629} = 0,0045 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$a = \frac{As \times Fy}{0,85 \times b \times Fc'} = \frac{1139,82 \times 390}{0,85 \times 400 \times 30} = 43,6 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mu &= \phi \times As \times Fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \times 1139,8 \times 390 \left(629 - \frac{43,6}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 22147,50 \text{ Kgm} > \text{Mulapangan} . \quad \text{OK}$$

D. Kapasitas minimum momen positif dan momen negatif

Ps1 21.5.1 dan 21.5.2.2 mensyaratkan, Sekurang-kurangnya ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang menerus, dan kapasitas momen positif dan momen negatif minimum pada sebarang penampang di sepanjang bentang balok SRPMK tidak boleh kurang dari 1/4 kali kapasitas momen maksimum yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut. untuk detail penulangan tengah bentang disamakan dengan kondisi 3,4 dan 5 yaitu 3D22-150 mm.

E. Probable Momen Capacities (M_{pr})

SNI Beton ps. 21.5.4.1 mensyaratkan, Geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok denan tegangan tulangan lentur balok mencapai 1.25 Fy dan faktor reduksi kuat lentur $\phi = 1$.

- a. Kapasitas Momen Ujung Balok Bila Struktur Bergoyang ke kanan

Kondisi 1

$$a_{pr-1} = \frac{1,25 \times As \times Fy}{0,85 \times Fc' \times b} = \frac{1,25 \times 2280 \times 390}{0,85 \times 30 \times 400} = 109 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr-1} &= 1,25 \times As \times Fy \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right) \\ &= 1,25 \times 2280 \times 390 \left(618 - \frac{109}{2} \right) \\ &= 626,26 \text{ Knm} \end{aligned}$$

Kondisi 3

$$a_{pr-1} = \frac{1,25 \times As \times Fy}{0,85 \times Fc' \times b} = \frac{1,25 \times 1140 \times 390}{0,85 \times 30 \times 400} = 54,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr-1} &= 1,25 \times As \times Fy \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right) \\ &= 1,25 \times 1140 \times 390 \left(629 - \frac{54,5}{2} \right) \\ &= 334,38 \text{ Knm} \end{aligned}$$

- b. Detailing penampang pada kedua ujung balok akan sama

Kondisi 2

$$a_{pr-1} = 109 \text{ mm}$$

$$M_{pr-1} = 626 \text{ Knm}$$

Kondisi 4

$$a_{pr-1} = 54,5 \text{ mm}$$

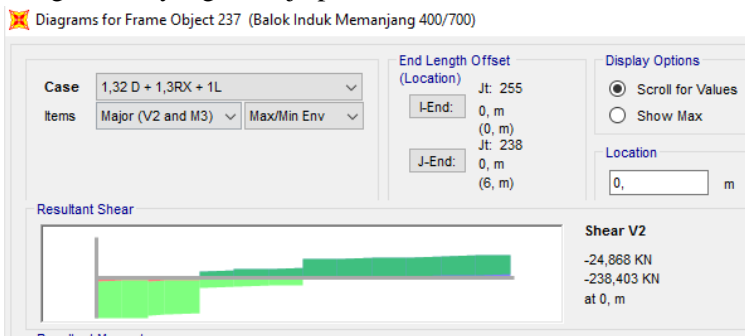
$$M_{pr-1} = 334 \text{ Knm}$$

Tabel 7. 6 Momen Balok Akibat Kombinasi Gempa dan Gravitasi

case	Lokasi	Arah Gempa	Mu kN-m	Reinf	As mm ²	φMn kN-m	Mpr kN-m
1	Interior Ka	Kanan	401,08	6D22	2279,6	460	626,26
	Negatif						Searah
2	Eksterior Ki	Kiri	395,4	6D22	2279,6	460	626,26
	Negatif						Lawan
3	Interior Ki	Kanan	197,7	3D22	1139,8	243	334,38
	Positif						Searah
4	EksteriorKa	Kiri	197,7	3D22	1139,8	243	334,38
	Positif						Lawan

F. Diagram Geser

Reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur :



Gambar 7. 6 Gaya Geser (V₂) Balok Induk

$$V_u = 238,4 \text{ Kn}$$

$$W_u = \frac{V_u \times 2}{L_n} = \frac{238,4 \times 2}{7,4} = 64,432 \text{ Kn/m}$$

a) Struktur Bergoyang Ke Kanan

$$V_{\text{sway-ka}} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-3}}{Ln} = \frac{626 + 334}{7,4} = 130 \text{ Kn}$$

$$\text{Total reaksi geser di ujung kiri balok} = 238 - 130$$

$$(\text{Arah gaya geser ke bawah}) = 109 \text{ Kn}$$

$$\text{Total reaksi geser di ujung kanan balok} = 238 + 130$$

$$(\text{Arah gaya geser ke atas}) = 368 \text{ Kn}$$

b) Struktur Bergoyang Ke Kiri

$$V_{\text{sway-ki}} = \frac{M_{pr-1} + M_{pr-3}}{Ln} = \frac{626 + 334}{7,4} = 130 \text{ Kn}$$

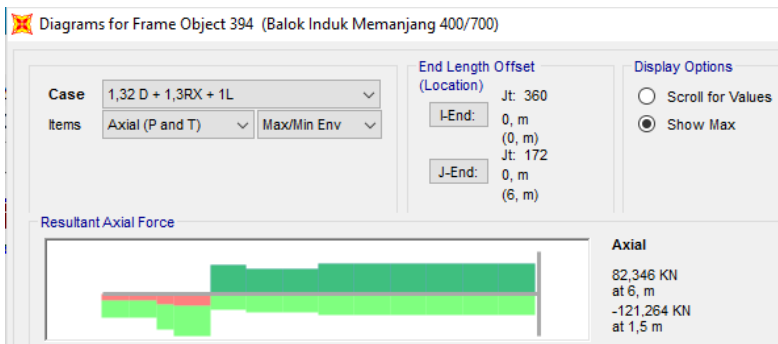
$$\text{Total reaksi geser di ujung kiri balok} = 238 + 130$$

$$(\text{Arah gaya geser ke bawah}) = 368 \text{ Kn}$$

$$\text{Total reaksi geser di ujung kanan balok} = 238 - 130$$

$$(\text{Arah gaya geser ke atas}) = 109 \text{ Kn}$$

G. Sengkar untuk gaya geser



Gambar 7. 7 Gaya Axial Balok Induk

$$V_{aksial} = 121,264 \text{ Kn}$$

SNI Beton ps. 21.5.4.2 mensyaratkan, Kontribusi beton dalam menahan geser yaitu V_c , harus diambil = 0 pada perencanaan geser di daerah sendi plastis apabila.

- a) Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi $1/2$ (atau lebih) kuat geser perlu maksimum, V_u di sepanjang bentang.

$$V_{sway} > 0,5 \times V_u = 130 > 0,5 \times 238 = 130 > 119 \text{ OK}$$

- b) Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat pembebanan gempa kurang dari $A_g F_c'/20$

$$V_{aksial} < \frac{A_g \times F_c'}{20} = 121 < 420 \text{ OK}$$

Gaya geser di muka kolom interior kiri dan kanan

Tabel 7. 7 Gaya Geser di Muka Kolom Int kiri & Kanan

Arah Gerakan Gempa	Vsway	Goyang ke kiri		Goyang ke kanan	
		V_u	$1/2 V_u$	V_u	$1/2 V_u$
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
Kanan	129,82	108,58	54,292	368,22	184,11
Kiri	129,82	368,22	184,11	108,58	54,292

- Muka kolom interior kiri $V_u = 368 \text{ Kn}$

Bedasarkan SNI 2847 – 2013 ps. 11.1 mensyaratkan, Desain penampang yang dikenai geser harus didasarkan pada :

$$\Phi V_n \geq V_u$$

Dimana V_u gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau, sedangkan V_n kekuatan geser nominal yang dihitung dengan,

$$V_n = V_c + V_s$$

Berdasarkan peraturan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.11, Pers 11-3 untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja,

$$\begin{aligned} V_c &= 0,2 \times \lambda \times x \sqrt{F_c'} \times b_w \times d \\ &= 0,2 \times 1 \times x \sqrt{30} \times 400 \times 618 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.2.2.2 V_c tidak boleh lebih besar dari

$$\begin{aligned} V_c' &= 0,3 \times \lambda \times x \sqrt{F_c'} \times b_w \times d \times \left(1 + \frac{0,3 N_u}{A_g}\right) \\ &= 0,3 \times 1 \times x \sqrt{30} \times 400 \times 618 \times \left(1 + \frac{0,3 \times 368215}{280000}\right) \\ &= 406,19 \text{ Kn} \end{aligned}$$

Kontrol geser beton

$$V_c' > V_c$$

$$406,19 \text{ Kn} > 270,79 \text{ Kn} \quad \text{OK}$$

Dengan demikian

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{406}{0,8} - 406 = 102 \text{ Kn}$$

Maksimum V_s (ps. 11.4.7.9)

$$V_{s \text{ max}} = \frac{2 \times x \sqrt{F_c'} \times b_w \times d}{3} = \frac{2 \times x \sqrt{30} \times 400 \times 618}{3} = 902,65 \text{ Kn}$$

$$\text{Syarat } V_s \text{ maksimum } V_s = 102 < 903 \quad \text{OK}$$

Spasi tulangan di atur melalu persamaan

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{F_y \times d}$$

Tabel 7. 8 As Tulangan

Jenis	Dimensi		Jumlah	A_v	s
	Diameter	Luas/bar			
D	(mm)	(mm ²)		(mm ²)	(mm)
13	13	132,665	2	265,33	150

$$V_s = \frac{A_v \times F_y \times d}{s} = \frac{265 \times 390 \times 618}{150 \times 1000} = 426 \text{ Kn}$$

Kontrol geser tulangan

$$V_s \text{ maks} > V_s$$

$$902,647 > 426,33 \quad \text{OK}$$

Jadi, digunakan sengkang 2 kaki 13 spasi 150 mm.

- Muka Kolom interior kanan

$$V_u = 368 \text{ Kn}$$

Sama seperti muka kolom interior kiri, sehingga digunakan sengkang D10 dengan spasi 150 mm.

- Ujung sendi plastis

Gaya geser maksimum V_u , di ujung zona sendi plastis, yaitu $2h = 1400$ dari muka kolom

$$V_u = 368 - 1,4 \times 64,4 = 278 \text{ Kn}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{F_c'} \times b_w \times d = 225,66 \text{ Kn}$$

Maka,

$$V_s = \frac{278}{0,75} - 226 = 371 - 226 = 145 \text{ Kn}$$

Tabel 7. 9 As Tulangan

Jenis	Dimensi		Jumlah	A _v (mm ²)	s (mm)
	Diameter	Luas/bar			
D	(mm)	(mm ²)			
10	10	78,5	2	157	150

$$V_s = \frac{A_v \times F_y \times d}{s} = \frac{157 \times 390 \times 618}{150 \times 1000} = 252,27 \text{ Kn}$$

Kontrol geser tulangan

$$V_s \text{ maks} > V_s$$

$$902,647 > 252,27 \quad \text{OK}$$

Jadi, digunakan sengkang 2 kaki D10 spasi 150 mm.

Berdasarkan SNI Pasal 21.5.3.1 mensyaratkan, Diperlukan hoops (sengkang tertutup) di sepanjang jarak $2h = 1400 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI Pasal 21.5.3.2: Hoop pertama dipasang jarak 50 mm, dan yang berikutnya dipasang di antara :

- 1) $d/4 = 155 \text{ mm}$
- 2) $6 \times d_b = 132 \text{ mm}$
- 3) $= 150 \text{ mm}$

serta tidak boleh kurang dari 100 mm, dengan demikian, tulangan sengkang di daerah sendi plastis menggunakan sengkang tertutup **2 kaki D10** yang dipasang dengan spasi **100 mm**.

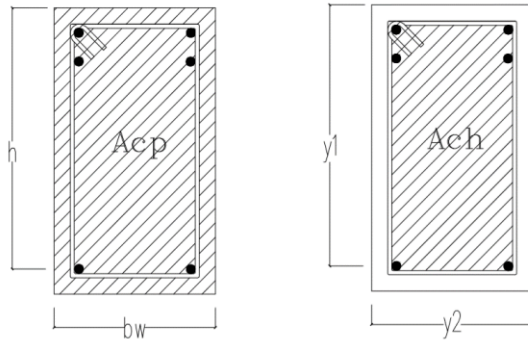
SNI pasal 21.5.3.4 mensyaratkan, Spasi maksimum tulangan geser di sepanjang balok SRPMK adalah $d/2$

$$S_{\text{max}} = 309 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan di atas, untuk bentang di luar zona sendi plastis menggunakan sengkang **2 kaki D10-150 mm**.

H. Penulangan Puntir Akibat Torsi

Ukuran penampang balok yang dipakai = 400×700



Gambar 7. 8 Luasan Torsi Balok

Luasan yang dibatasi oleh penampang beton

- $A_{cp} = b_w \times h$
 $= 400 \times 700 = 280000 \text{ mm}^2$

Keliling yang dibatasi oleh penampang beton

- $P_{cp} = 2 \times (b_w + h)$
 $= 2 \times (400 + 700) = 2200 \text{ mm}$

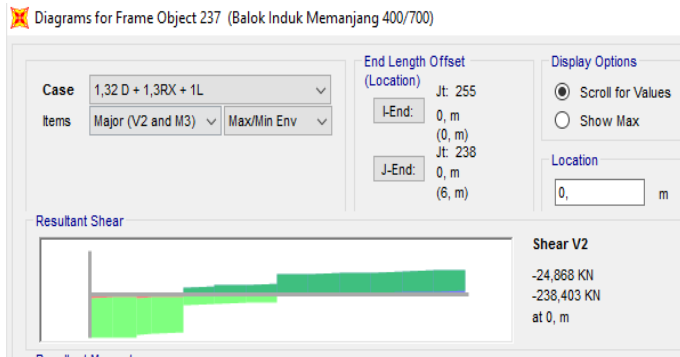
Luasan yang dibatasi oleh tulangan sengkang

- $A_{oh} = A_{cp} - (h \times 2 \times \text{decking}) - (b \times 2 \times \text{decking})$
 $= 280000 - 32000 - 56000$
 $= 192000 \text{ mm}^2$

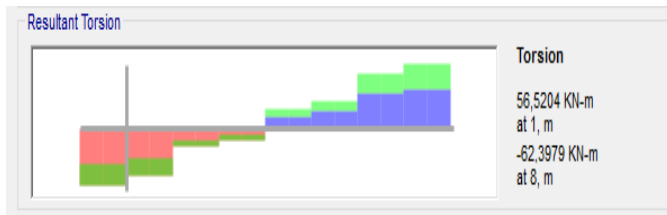
Keliling penampang beton yang dibatasi tulangan sengkang

- $P_{oh} = 2 \times (b - 2 \times \text{deking}) + 2 \times (h - 2 \times \text{decking})$
 $= 640 + 1240 = 1880 \text{ mm}$

Dari perhitungan SAP 2000 didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 7. 9 Gaya Geser Pada Balok



Gambar 7. 10 Gaya Torsi Pada Balok

$$T_u = 62,4 \text{ Kn-m} = 62397900 \text{ Nmm}$$

$$\Phi = 0,75$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{62397900}{0,75} = 83197200 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 238,4 \text{ Kn} = 238403 \text{ N}$$

Puntir Transversal

- Menurut SNI 2847 2013 ps. 11.5.1 mensyaratkan. Pengaruh puntir dapat diabaikan apabila T_u kurang dari

$$T_{u \text{ min}} = \phi \times 0,083 \times \sqrt{F_c'} \times \left(\frac{a_{cp}^2}{p_{cp}} \right)$$

$$= 0,75 \times 0,083 \times \sqrt{30} \times \left(\frac{280000^2}{2200} \right)$$

$$= 12150478 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$T_u \text{ max} = \phi \times 0,33 \times \sqrt{F_c'} \times \left(\frac{a c p^2}{p c p} \right)$$

$$= 0,75 \times 0,33 \times \sqrt{30} \times \left(\frac{280000^2}{2200} \right)$$

$$= 48309130 \text{ Nmm}$$

Pengaruh momen puntir,

$$T_u \text{ min} > T_u$$

$$12150478,04 > 62397900$$

Maka, penampang memerlukan tulangan puntir.

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.5.3 mensyaratkan, jika T_u melebihi T_{umin} yang terdeteksi. Maka, tulangan puntir harus disediakan yaitu,

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{62397900}{0,9} = 69331000 \text{ Nmm}$$

Dicoba tulangan puntir D16

$$A_t = 490,63 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 \times 192000 = 163200 \text{ mm}^2$$

$$\theta = 45^\circ$$

Perhitungan kapasitas tulangan puntir

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_y \times \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{69331000}{2 \times 163200 \times 390 \times \cot 45}$$

$$\frac{At}{s} = 0,5446 \text{ mm}$$

Tidak boleh kurang dari

$$\frac{At}{s} = \frac{0,175 \times bw}{F_y} = \frac{0,175 \times 400}{390} = 0,18$$

Puntir Longitudinal

- Menurut SNI 2847 :2013 ps. 11.5.3.7 mensyaratkan, luas tulangan tambahan untuk menahan momen torsi Al, tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} Al &= \frac{At}{s} \times ph \times \frac{F_{yv}}{F_y} \times Cot^2 \theta \\ &= 0,18 \times 1880 \times \frac{390}{390} \times Cot^2 45 \\ &= 337,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.7 luas tulangan

$$\begin{aligned} Al \text{ min} &= \frac{0,42 \times \sqrt{F_c} \times A_{cp}}{F_y} - \frac{At}{s} \times ph \times \frac{F_{yt}}{F_y} \\ &= \frac{0,42 \times \sqrt{30} \times 280000}{390} - 337,44 \\ &= 1314,1583 \end{aligned}$$

Sehingga dipilih Al terbesar yaitu = 1314,1583 mm²

Dicoba menggunakan tul.torsi D16, menentukan jumlah tulangan yang dibutuhkan

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ D25}} = \frac{1314,2}{490,63} = 2,68$$

Maka dipasang **2 tulangan torsi** dengan luasan yaitu

$$As \text{ pakai} = 1471,9 \text{ mm}^2 > 1314,2 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{OK}$$

Cek Penampang

- Cek kecukupan penampang dalam menahan momen puntir, dimensi penampang harus memenuhi ketentuan:

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \sqrt{F_c'} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \times \sqrt{30} \times 400 \times 618 = 230175 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi \sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \times d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \times p_h}{1,7 \times A_o h^2}\right)^2} < \phi \left(\frac{V_c}{b_w \times d} + 0,66 \sqrt{F_c'}\right)$$

Sehingga, 2,105 < 5 **OK**

I. Tulangan Penyaluran

Menurut SNI ps. 12.3.2 ldc harus diambil yang paling besar dari :

- **Penyaluran Tulangan Kondisi Tekan**

$$\begin{aligned} 1) \quad (0,24 \times F_y / \sqrt{F_c'}) db &= (0,24 \times 390 / \sqrt{30}) 22 \\ &= \mathbf{375 \text{ mm}} \\ 2) \quad (0,043 \times F_y) db &= (0,043 \times 390) 22 \\ &= 368 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan lap splice (ldh) tulangan tekan **375 mm**

Dengan kait 90° sepanjang 12 x db = **264 mm**

- **Penyaluran Tulangan Kondisi Tarik**

Menurut SNI ps. 12.5.2 harus sebesar

$$\begin{aligned} 1) \quad 8 \times db &= 8 \times 22 \\ &= 176 \text{ mm} \\ 2) \quad (0,24 \times F_y / \sqrt{F_c'}) db &= (0,024 \times 390 / \sqrt{30}) 22 \\ &= \mathbf{375 \text{ mm}} \\ 3) \quad 150 \text{ mm} &= 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan lap splice (ldh) tulangan tekan **375 mm**

Dengan kait 90° sepanjang 12 x db = **264 mm**

- **Penyaluran Tulangan Torsi**

- 1) $(0,24 \times F_y / \sqrt{F_c'})db = (0,24 \times 390 / \sqrt{30})16$
 $= 273 \text{ mm}$
- 2) $(0,043 \times F_y)db = (0,043 \times 390)22$
 $= 368 \text{ mm}$

Sehingga digunakan lap splice (l_{dh}) tulangan torsi **273 mm**

Dengan kait 90° sepanjang $12 \times db = \mathbf{192 \text{ mm}}$

1) **Penulangan Angkur Balok**

SNI 2847 2013 pada lampiran D dijelaskan bahwa dalam pendesainan tulangan angkur, tarik pada angkur harus lebih kecil dibanding kekuatan nominal.

- Tulangan angkur $= 16 \text{ mm}$
- Jumlah angkur $= 2 \text{ buah}$
- Faktor sling $60^\circ = 1,16$
- Faktor kejut $= 1,5$

Perhitungan beban

$$q = (2400 \times (2 (0,2 \times 0,2))) + (2400 \times 0,4 \times 0,56)$$

$$= 730 \text{ Kg/m}$$

$$W = 730 \times 7,4 = 5399 \text{ Kg}$$

$$W' = 5399 \times 1,16 \times 1,5 = 9394 \text{ Kg}$$

Dengan asumsi, jika setiap tulangan angkur dapat menerima beban total pada komponen pracetak, sehingga :

$$N_n = \frac{W}{n} = \frac{9394}{2} = 4697 \text{ Kg}$$

Menurut metode ASD untuk tegangan ijin dasar pada baja menggunakan $2/3 F_y$, maka :

$$F_{uta} = (2/3) \times 390 = 260 \text{ Mpa}$$

Menurut SNI 2847:2013 ps D.5.1.2

F_{uta} tidak boleh melebihi yang terkecil :

$$F_{uta} = 1,6 \times F_y = 1,6 \times 390 = 624 \text{ Mpa}$$

$$F_{uta} = 860 \text{ Mpa}$$

Sehingga dipilih $F_{uta} = 260 \text{ Mpa}$

$$N_{sa} = A_{se} \times F_{uta} = 201 \times 260$$

$$= 52260 \text{ N} = 52260 \text{ Kg} > N_n$$

Kedalaman angkur dalam beton sebagai pencegahan dalam keadaan tarik, sehingga :

$$K_c = 10 \text{ (Angkur cor di dalam)}$$

$$h_{ef,1.5} = \frac{N_n}{K_c \times \sqrt{F_{ci}}} = \frac{4697,16}{10 \times \sqrt{12}} = 122,51 \text{ mm}$$

$$\text{maka digunakan } h_{ef} = 150 \text{ mm}$$

Menurut PCI panjang tulangan angkur setifiknya mencapai garis retak yang terjadi ssat beton terjadi jebol, dipilih yang terbesar dari :

$$d_e = h_{ef} / \tan 35^\circ = 214,22 \text{ mm}$$

$$d_e = 1,5 \times h_{ef} = 321 \text{ mm}$$

$$\text{Maka digunakan, } d_e = \mathbf{350 \text{ mm}}$$

2) Kontrol Lendutan Balok Induk

Data perencanaan

$$\text{Panjang Balok} = 7,4 \text{ m}$$

$$\text{Berat Sendiri} = 2433 \text{ Kg/m}^2 \text{ (sblm Komposit)}$$

$$\text{Berat Sendiri} = 3309 \text{ Kg/m}^2 \text{ (stlh Komposit)}$$

$$F_{ci} \text{ (3 hari)} = 19,5 \text{ Mpa} = 191 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 20754,638 \text{ N/mm}^2$$

$$I_x = 5853866667 \text{ N/mm}^2 \text{ (sblm)}$$

$$I_x = 11433333333 \text{ N/mm}^2 \text{ (Ssdh)}$$

• Sebelum Komposit

Perhitungan Lendutan

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{7400}{360} = 21 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\Delta &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} \\ &= \frac{5 \times 29,19 \times 7400^4}{384 \times 20754,64 \times 5853866667} \\ &= 9,38 \text{ mm} < \Delta_{ijin} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

- **Setelah Komposit**

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{7400}{360} = 21 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\Delta &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} \\ &= \frac{5 \times 33,09 \times 7400^4}{384 \times 25742,96 \times 11433333333} \\ &= 4,39 \text{ mm} < \Delta_{ijin} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

3) Kontrol Balok Induk Pracetak

- **Kontrol Pengangkatan**

$$F_{ci} \text{ (3 hari)} = 12 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 0,7 \times \sqrt{F_{ci}} = 2,42 \text{ Mpa} = 24,2 \text{ Kg/cm}^2$$

Pembebanan

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$\text{Faktor tali sling} = 1,16$$

$$- \text{ Qu} = 1,2 \times \text{Qdl} = 1,2 \times 5399 = 6479 \text{ Kg/m}^2$$

$$- \text{ Qu (terfaktor)} = 6479 \times 1,5 \times 1,16 = 11273,46 \text{ Kg/m}^2$$

$$- \text{ Q per titik} = \frac{11273,46}{2} = 5636,73 \text{ Kg/m}^2$$

Perhitungan momen

$$+M_x = -M_x = 0,0107 \times Q \times a^2 \times b$$

$$= 0,0107 \times 5636,73 \times 0,09 \times 5,6$$

$$= 30 \text{ Kgm} = 3039,78 \text{ Kgcm}$$

$$\begin{aligned}
 +M_x = -M_x &= 0,0107 \times Q \times a \times b^2 \\
 &= 0,0107 \times 1804 \times 0,3 \times 31,4 \\
 &= 567,42 \text{ Kgm} \qquad \qquad \qquad = 56742,48 \text{ Kgcm}
 \end{aligned}$$

Momen Tahanan,

$$W_y = \frac{a}{2} \times \frac{t^2}{6} = \frac{0,4}{2} \times \frac{0,314}{6} = 10453,33 \text{ cm}^3$$

$$W_x = \frac{b}{2} \times \frac{t^2}{6} = \frac{7,4}{2} \times \frac{0,314}{6} = 193386,67 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x} = \frac{3039,8}{193386,67} = 0,02 \text{ Kg/cm}^2 < F_r$$

$$\sigma_x = \frac{M_y}{W_y} = \frac{56742,5}{10453,3} = 5,43 \text{ Kg/cm}^2 < F_r$$

• **Kontrol Penumpukan**

$$F_{ci} \text{ (3 hari)} = 12 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 0,7 \times \sqrt{F_{ci}} = 2,42 \text{ Mpa} = 24,2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$L = 7400/2 = 3700 \text{ mm}$$

Pembebanan

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$- \text{Qu (terfaktor)} = 730 \times 1,5 = 1094 \text{ Kg/m}$$

$$- \text{Pu (terfaktor)} = 250 \times 1,5 = 375 \text{ Kg/m}$$

$$- \text{Penumpu} = 3 \text{ buah}$$

Perhitungan momen

$$\begin{aligned}
 \text{Mulap} &= \frac{Q_u \times L^2}{8} + \frac{P_u \times L}{4} \\
 &= \frac{1094 \times 14}{8} + \frac{375 \times 3,7}{4} = 2219,7 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

Momen Tahanan,

$$W = \frac{a \times t^2}{6} = \frac{0,4 \times 0,3}{6} = 20906,67 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{Mx}{Wx} = \frac{221966,7}{20906,67} = 10,62 \text{ Kg/cm}^2 < Fr$$

Jumlah Tumpukan

Jumlah tumpukan yang mampu diterima, Digunakan kayu dengan ukuran 15/20 untuk penumpu pelat pracetak, maka luas bidang kontak yaitu

$$\begin{aligned} A &= 150 \times 400 = 60000 \text{ mm}^2 \\ P &= 2400 \times 7,4 \times 0,4 \times 0,56 \\ &= 3978 \times 1,2 = 4774 \text{ Kg} \\ F &= \frac{P}{A} = \frac{4774}{60000 \times 3} = 3,6 \text{ Kg/mm}^2 = 4 \text{ mpa} \end{aligned}$$

Maka jumlah penumpukan

$$n = \frac{Fci}{F \times Sf} = \frac{24,25}{4 \times 2} = 4 \text{ tumpukan}$$

• Kontrol Pemasangan

$$Fci \text{ (7 hari) } = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$Fr = 0,7 \times \sqrt{Fci} = 3,09 \text{ Mpa} = 30,9 \text{ Kg/cm}^2$$

Pembebanan

$$\text{Faktor kejut} = 1,5$$

$$- \text{ Qu (terfaktor) } = 730 \times 1,5 = 1094 \text{ Kg/m}$$

$$- \text{ Pu (terfaktor) } = 250 \times 1,5 = 375 \text{ Kg/m}$$

$$- \text{ Beban Pekerja } = 250 \text{ Kg/m}$$

Perhitungan momen

$$\begin{aligned} \text{Mulap} &= \frac{Qu \times L^2}{8} + \frac{Pu \times L}{4} \\ &= \frac{1094 \times 55}{8} + \frac{375 \times 7,4}{4} = 8184,9 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Momen Tahanan,

$$W = \frac{a \times t^2}{6} = \frac{0,4 \times 0,3}{6} = 20906,67 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{Mx}{Wx} = \frac{818491,8}{20906,67} = 39,15 \text{ Kg/cm}^2 < Fr \quad \mathbf{N.OK}$$

Dikarenakan tegangan beton yang terjadi melebihi modulus kehancuran beton, maka ditambah 1 perancah di tengah bentang.

Perhitungan momen

$$\begin{aligned} \text{Mulap} &= \frac{Qu \times L^2}{8 \times 4} + \frac{Pu \times L}{4 \times 2} \\ &= \frac{1094 \times 14}{8 \times 4} + \frac{375 \times 3,7}{4 \times 2} = 2220 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Momen Tahanan,

$$W = \frac{a \times t^2}{6} = \frac{0,4 \times 0,314}{6} = 20906,67 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{Mx}{Wx} = \frac{221966,7}{20906,67} = 10,617 \text{ Kg/cm}^2 < Fr \quad \mathbf{OK}$$

• Kontrol Pengecoran

$$F_{ci} \text{ (7 hari)} = 19,5 \text{ Mpa}$$

$$Fr = 0,7 \times \sqrt{F_{ci}} = 2,42 \text{ Mpa} = 24,2 \text{ Kg/cm}^2$$

Pembebanan

$$\text{Faktor kejut} = 1,2$$

$$- \text{ Qu} = 2433$$

$$- \text{ Qu (terfaktor)} = 2433 \times 1,2 = 2919 \text{ Kg/m}$$

$$- \text{ Pu (terfaktor)} = 250 \times 1,2 = 300 \text{ Kg/m}$$

Perhitungan momen

$$\begin{aligned} \text{Mulap} &= \frac{Qu \times L^2}{8 \times 4} + \frac{Pu \times L}{4 \times 2} \\ &= \frac{2919 \times 55}{8 \times 4} + \frac{300 \times 7,4}{4 \times 2} = 5272,9 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Momen Tahanan,

$$W = \frac{a \times t^2}{6} = \frac{0,4 \times 0,314}{6} = 20906,67 \text{ cm}^3$$

Tegangan beton pada komponen pracetak tidak boleh melebihi modulus kehancuran beton,

$$\sigma_x = \frac{Mx}{Wx} = \frac{527292,6}{20906,67} = 25,22 \text{ Kg/cm}^2 < Fr \quad \text{OK}$$

7.2 Rekapitulasi Tulangan

Tabel 7. 10 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk

Balok	Tulangan Lentur		Tulangan Geser	Tul. Torsi
	Sebelum Komposit			
Mem.	Tumpuan	Lapangan	D13-150	2 buah
	2D22	3D22		
	Setelah Komposit			
	Tumpuan	Lapangan	D13-150	2 buah
	6D22	3D22		
MeL.	Tumpuan	Lapangan	D13-150	2 buah
	2D22	3D22		
	Setelah Komposit			
	Tumpuan	Lapangan	D13-150	2 buah
	4D22	3D22		

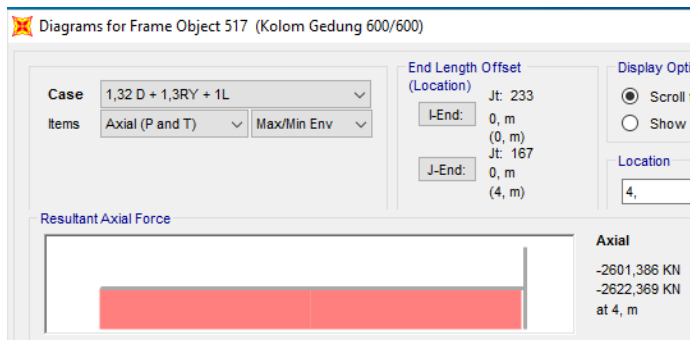
Sehingga digunakan tulangan pada balok induk pracetak dengan konfigurasi [**Tulangan lentur (Tumpuan : 6D22 / Lapangan : 3D22)**], [**Tulangan Geser : D13 – 150**] & [**Tulangan Torsi : 2 buah**].

7.3 Desain Penulangan Kolom

Data Perencanaan

- H = 4000 mm Tul. Lentur = 25 mm
- Bw = 600 mm Tul. Geser = 13 mm
- D1 = 600 mm F_c' beton = 30 Mpa
- Decking = 40 mm F_y baja = 390 Mpa

Berdasarkan hasil perhitungan SAP 2000 dengan kombinasi 1.32 D + 1,3RX + 1L pada kolom lantai 2 didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 7. 11 Gaya Axial Kolom

Gaya Aksial Terfaktor Maksimum 2601, 386 Kg

4) Berdasarkan SNI Pasal 21.6.1

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam pendesainan kolom sebagai berikut :

- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $A_g F_c' / 10$

$$\frac{A_g \times F_c'}{10} = \frac{600 \times 600 \times 30}{10} = 1080 \text{ kN}$$

Gaya aksial terfaktor maksimum = 2601 kN

$$2601,4 \text{ kN} > 0,1 \times A_g \times F_c'$$

$$2601,4 \text{ kN} > 1080 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm.

$$\text{Sisi terpendek kolom, } b = 600 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

- Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4

$$\frac{b}{h} = \frac{600}{600} = 1 > 0,4 \quad \mathbf{OK}$$

5) Cek Konfigurasi Penulangan

Dari hasil desain berdasarkan gaya dalam, dimensi kolom yang digunakan adalah 600 mm x 600 mm dengan 12 baja tulangan D25.

Tabel 7. 11 As Tulangan

Jenis	Dimensi				Jumlah	As (mm ²)
	Diemeter					
D				Luas/bar		
25	25			490,625	12	5887,5

Rasio tulangan ρ_g dibatasi tidak kurang dari 0.01 dan tidak lebih dari 0.06.

$$\rho_g = \frac{5887,5}{600 \times 600} = 0,0163542 \quad \mathbf{OK}$$

6) Kuat Kolom

Berdasarkan SNI Pasal 21.6.2.2, Kuat Kolom ϕM_n harus memenuhi $\Sigma M_c \geq 1.2 \Sigma M_g$ (persamaan 21-1).

ΣMc = Jumlah Mn dua kolom yang bertemu di join.

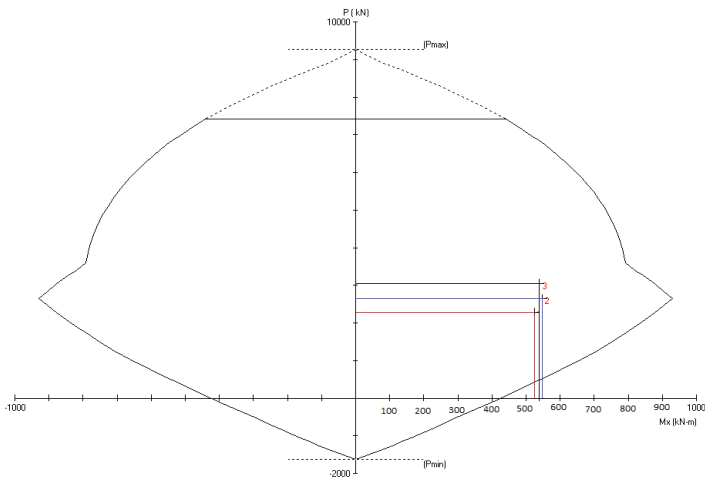
ΣMg = Jumlah Mn dua balok yang bertemu di join.

Berikut ini adalah data – data yang didapat dari SAP 2000

Tabel 7. 12 Gaya Pada Kolom dari SAP 2000

Keterangan	P (Aksial)	Mn Blk Kiri	Mn Blk Kan.	1.2 Mg
	kN	kN-m	kN-m	kN-m
Kolom Lt.3	2286	218,24	218,11	523,62
Kolom Desain	2601	227,54	228,47	547,21
Kolom Lt.1	3127	224,28	224,66	538,73

Dari data di atas selanjutnya akan di masukkan ke dalam PCACOL guna mendapatkan diagram interaksi kolom.



Gambar 7. 12 Diagram Interaksi Kolom (Pcacol)

Kolom Lantai 3

ϕP_n -atas = gaya aksial terfaktor kolom 3 = 2286 kN

Dari diagram interaksi kolom, ϕP_n -atas sesuai dengan $\phi M_n = 520$ kN

Kolom Desain

ϕP_n -atas = gaya aksial terfaktor kolom 3 = 2601 kN

Dari diagram interaksi kolom, ϕP_n -atas sesuai dengan $\phi M_n = 560$ kN

$$\begin{aligned}\Sigma M_c &= \phi M_n\text{-atas} + \phi M_n\text{-desain} > 1,2 \Sigma M_g \\ &= 520 + 560 > 547,212 \\ &= 1080 > 547,212 \quad \mathbf{OK}\end{aligned}$$

Kolom Lantai 1

ϕP_n -atas = gaya aksial terfaktor kolom 3 = 3127 kN

Dari diagram interaksi kolom, ϕP_n -atas sesuai dengan $\phi M_n = 540$ kN

$$\begin{aligned}\Sigma M_c &= \phi M_n\text{-atas} + \phi M_n\text{-desain} > 1,2 \Sigma M_g \\ &= 520 + 560 > 547,212 \\ &= 1080 > 547,212 \quad \mathbf{OK}\end{aligned}$$

7) Desain Tulangan Confinement

Berdasarkan SNI Pasal 21.6.4.4, Total luas penampang hoops tidak kurang dari salah satu yang terbesar antara

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{S_b \times F_c}{F_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \times S_{bc} \times F_c}{F_{yt}}$$

Coba tulangan dengan diameter 13 untuk *hoops*

Tabel 7. 13 As Tulangan

Jenis	Dimensi				Jumlah	As (mm ²)
	Diemeter					
D				Luas/bar		
13	13			132,665	4	530,66

Bc = lebar penampang inti beton (yang terkekang)
 = bw – 2 (decking + 1,2 db)
 = 507 mm

Ach = luas penampang inti beton. Diukur dari serat terluar hoop ke serat terluar dari sisi lainnya.
 = (bw - 2(decking)) x (bw-2(decking))
 = 270400 mm²

Sehingga,

$$\begin{aligned}\frac{Ash}{S} &= 0,3 \left(\frac{bc \times Fc'}{Fyt} \right) \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) \\ &= 0,3 \left(\frac{507 \times 30}{390} \right) \left(\frac{360000}{270400} - 1 \right) \\ &= 3,8 \text{ mm}^2/\text{mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{Ash}{s} &= \frac{0,09 \times bc \times Fc'}{Fyt} = \frac{0,09 \times 507 \times 30}{390} \\ &= 3,51 \text{ mm}^2/\text{m}\end{aligned}$$

Jadi diambil nilai yang terbesar yaitu : 3,88 mm²/m

- **Spasi Tulangan**

Berdasarkan SNI Pasal 21.6.4.3, spasi maksimum adalah yang terkecil di antara :

1. $\frac{1}{4} \times bw = \frac{1}{4} \times 600 = 150 \text{ mm}$
2. $6 \times db = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$
3. $So = 100 + \frac{350-hx}{3}$

$$H_x = 2/3 \times h_c = 2/3 \times 534,5$$

= atau spasi horizontal maksimum kaki-kai pengikat silang yaitu 206 mm

$$S_o = 100 + \frac{350-206}{3}$$

$$= 148 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$$

Namun S_x tidak boleh melebihi 150 mm, dan tidak perlu lebih kecil dari 120 mm. Sehingga digunakan

$$\text{Ash-1} = 3,51 \times 120 = 421 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ash-2} = 3,88 \times 120 = 465 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI Pasal 21.6.4.1 menyatakan, Tulangan hoop tersebut diperlukan sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom l_o dipilih yang terbesar di antara,

1. Tinggi elemen kolom. H , di join = 600 mm
2. $1/6 \times$ tinggi bersih = 550 mm
3. 450 mm

Sehingga ambil $l_o = 600 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI Pasal 21.6.4.5 menyatakan, Sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi l_o di masing-masing ujung kolom) diberi hoops dengan spasi minimum 150 mm, atau $6 \times d_b$.

8) Desain Tulangan Geser

- V_e tidak perlu lebih besar dari V_{sway} yang dihitung berdasarkan M_{pr} balok

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-atas} \times DF_{atas} + M_{pr-bawah} \times DF_{bawah}}{l_n}$$

Dengan,

DF = Faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang di desain.

Karena kolom lantai atas dan bawah mempunyai kekakuan yang sama maka,

$$DF_{\text{atas}} = DF_{\text{bawah}} = 0,5$$

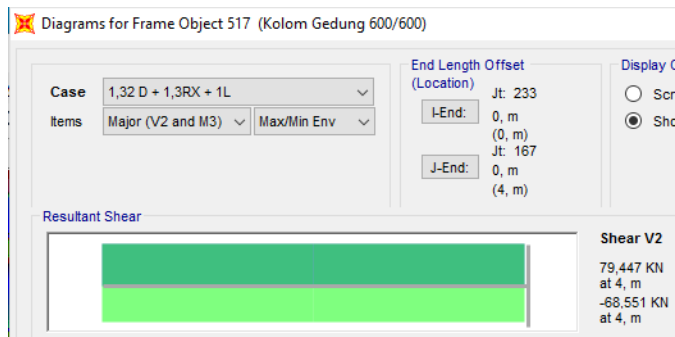
Mpr-atas dan Mpr-bawah adalah penjumlahan Mpr untuk masing-masing balok di lantai atas dan lantai bawah di muka kolom interior.

$$M_{\text{pr-atas}} = 626,26 \text{ Kn}$$

$$M_{\text{pr-bawah}} = 338,38 \text{ Kn}$$

$$V_{\text{sway}} = \frac{960,64 \times 0,5 + 960,64 \times 0,5}{3300} = 480,61 \text{ Kn}$$

- Tapi V_e tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis yaitu 68,551 Kn



Gambar 7. 13 Gaya Geser Kolom

Jadi diambil $V_e = 480,61 \text{ Kn}$

Dikarenakan gaya aksial terfaktor lebih besar dibandingkan $0,05 A_g \times F_c$; sehingga V_e boleh diperhitungkan:

$$\begin{aligned} V_c &= 0,2 \times \lambda \times \sqrt{F_c'} \times b_w \times d \\ &= 0,2 \times 1 \times \sqrt{30} \times 600 \times 535 \end{aligned}$$

$$= 351,31 \text{ Kn}$$

- Cek Apakah dibutuhkan tulangan geser

$$\frac{Vu}{\phi} > \frac{1}{2} Vc$$

$$\frac{Vu}{\phi} = \frac{480,61}{0,75} > \frac{1}{2} 351$$

$$640,82 > 175,65 \text{ BUTUH}$$

- Cek apakah cukup dipasang tulangan geser minimum

$$\frac{Vu}{\phi} > Vc + \frac{1}{3} \times bw \times d$$

$$\frac{Vu}{\phi} = \frac{480,61}{0,75} > 351 + \frac{1}{3} \times 600 \times 535$$

$$640,82 > 458,21 \quad \text{NOT OK}$$

Sehingga memakai tulangan geser.

Dicoba menggunakan tulangan geser dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 7. 14 As Tulangan

Jenis	Dimensi		Jumlah	A _v (mm ²)	s (mm)
	Diameter	Luas/bar			
D	(mm)	(mm ²)			
13	13	132,665	4	530,66	120

$$V_s = \frac{A_v \times F_y \times d}{s} = \frac{531 \times 390 \times 535}{120 \times 1000} = 922 \text{ Kn}$$

Tulangan geser minimum untuk kolom,

$$A_{v-\min} = \frac{b_w \times S}{3 \times F_y} = \frac{600 \times 120}{3 \times 390} = 61,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 531 \text{ mm}^2$$

$$V_s \text{ analisis} = V_u - V_c = 481 - 351 = 129,3 \text{ Kn}$$

Kontrol luas tulangan dan kekuatan geser

$$A_{sh} > A_{v-\min} ; V_s < V_{s-\text{desain}}$$

$$531 > 61,5 \quad ; \quad 129 < 921,82 \quad \quad \quad \mathbf{OK}$$

- Untuk bentang di luar lo

Berdasarkan SNI pers. 11.2.1.2 memberikan harga V_c bila ada gaya kasila yang bekerja :

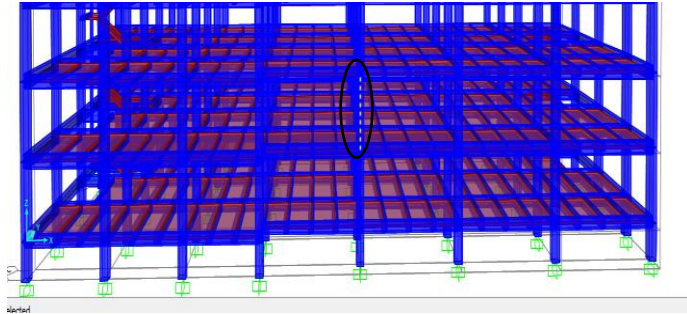
$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right) \times \lambda \times \sqrt{F_c'} \times b_w \times d$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2601}{14 \times 360000} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 600 \times 535 \\ &= 452,72 \text{ Kn} \end{aligned}$$

$$V_c > \frac{V_u}{\phi} = 452,72 \text{ Kn digunakan sengkang pada bentang kolom luar (lo)}$$

9) Desain Lap Splices

Berdasarkan SNI pasal 21.6.3.3, Lap splices hanya dapat dipasang di tengah tinggi kolom, dan harus diikat dengan tulangan sengkang (confinement). Sepanjang lap splices (sambungan lewatan), spasi tulangan transversal dipasang sesuai spasi tulangan confinement di atas yaitu 120 mm.



Gambar 7. 14 Denah Kolom di Desain

Berdasarkan SNI Pasal 12.7.2.2, Digunakan Class B Lap Splice jika semua tulangan di salurkan di lokasi yang sama. Panjang lewatan kelas B = $1.3l_d$.

Berdasarkan Tabel SNI pasal 12.2.2, untuk baja tulangan dengan diameter 25 mm, $l_d = 48d_b$

$$1,3 l_d = 1,3 \times 48 \times 25 = 1,56 \text{ m}$$

Berdasarkan SNI Pasal 12.7.2.4, $1.3 l_d$ dapat dikurangi dengan cara dikalikan 0.83, jika confinement sepanjang lewatan mempunyai area efektif yang tidak kurang dari $0.0015 h \times s$.

$$\text{Area hoops} = 531 \text{ mm}^2$$

digunakan lap splices = **1,29 m.**

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB VIII

PERENCANAAN SAMBUNGAN

8.1 Umum

Sambungan berfungsi untuk menyalurkan gaya dari satu elemen ke elemen lainnya, yang selanjutnya akan disalurkan ke pondasi sebagai elemen terakhir penahan struktur. Dalam pelaksanaan kontruksi pracetak sebuah sambungan yang baik harus ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Selain itu, dalam pendesainan sambungan beton pracetak harus diperhatikan agar sambungan dan elemen struktur yang akan disambung dapat monolit.

8.2 Perencanaan Sambungan Balok Kolom

8.2.1 Hubungan Balok Kolom

Berikut ini contoh perhitungan desain dan *detailing* penulangan pada hubungan balok – kolom (HBK) SRPMK, yang merupakan tempat pertemuan komponen struktur balok anak dan kolom yang telah di desain.

Menurut SNI 2847-2013 ps.21.7.4.1 luas efektif HBK dinyatakan dalam A_j , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$A_j = 600 \times 600 = 360000 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847 pasal 21.7.4.1 untuk beton berat normal V_n joint tidak boleh di ambil lebih besar dari, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_n &= 1,7 \times \sqrt{F_c} \times A_j \\ &= 1,7 \times \sqrt{30} \times 360000 \\ &= 3620640,8 \text{ N} = 3620,6 \text{ Kn} \end{aligned}$$

Menurut SNI pasal 21.7.2 panjang join yang diukur paralel terhadap tulangan lentur balok yang disebabkan geser di join sedikitnya $20 \times db = 20 \times 22 = 440 \text{ mm}$

- **Penulangan Transversal untuk Confinement**

Menurut SNI ps. 21.7.3.1, harus ada tulangan *confinement* dalam joint. SNI ps. 21.7.3.2 pada joint interior, jumlah tulangan confinement yang dibutuhkan setidaknya setengah tulangan confinement yang dibutuhkan diujung kolom.

- **Perhitungan Geser Di Join dan Cek Kuat Geser**

Balok yang memasuki join memiliki *probable moment* = -626,26 Kn-m dan 334,38 Knm. Pada join, kekakuan kolom atas dan kekakuan kolom bawah sama, sehingga $DF=0,5$.

$$M_e = 0,5 \times (626,26 + 334,38) = 480,32$$

Geser pada kolom atas :

$$V_{sway} = (480,32 + 480,32) / 2,6 = 369,47 \text{ kN}$$

Di bagian lapis atas balok, baja tulangan yang digunakan yaitu 6 D 22, $A_s = 2279,6 \text{ mm}^2$.

Gaya **tarik** yang bekerja pada baja tulangan balok bagian kiri:

$$T_1 = 1,25 \times A_s \times F_y = 1,25 \times 2279 \times 390 = 1111 \text{ Kn}$$

Gaya **tekan** yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$C_1 = T_1 = 1111 \text{ Kn}$$

Gaya **tarik** yang bekerja pada baja tulangan balok di bagian kanan

$$T_2 = 1,25 \times A_s \times F_y = 1,25 \times 2279 \times 390 = 1111 \text{ Kn}$$

Gaya **tekan** yang bekerja pada balok ke arah kanan adalah

$$C_2 = T_2 = 1111 \text{ Kn}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} V_u &= V_j = V_{sway} - T_1 - C_2 \\ &= 369,47 - 1111 - 1111 = 1852 \text{ kN} \end{aligned}$$

Arah sesuai dengan T1

Menurut SNI 2847 pasal 21.7.4.1

$$\phi V_n > V_u = 0,75 \times 3620,6 \text{ Kn} > 1852 \text{ Kn} \quad \text{OK}$$

Jadi, kuat geser join memadai.

• Plat Siku Ujung Balok

Penambahan plat siku dimaksudkan untuk mencegah ujung balok mengalami *spalling* atau kehancuran pada ujung balok. Dengan perhitungan sebagai berikut :

- $F_c' = 30 \text{ Mpa}$
- $F_{cu} = 3,8 \text{ Mpa}$
- $F_y = 390 \text{ Mpa}$
- Panjang bearing = 400 mm
- Lebar bearing = $100 - 40 = 60 \text{ mm}$
- Decking = 40 mm

$$\begin{aligned} F_b &= \frac{V_u}{\text{Panjang bearing} \times \text{Lebar bearing}} \\ &= \frac{121000}{400 \times 60} = 5,041 \text{ N/mm}^2 < 0,4 \times F_{cu} \\ &= 5,041 \text{ N/mm}^2 < 12 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Max Lebar Plat} = 400 - (2 \times 40) = 320 \text{ mm}$$

Digunakan plat 300 x 60 mm

$$\begin{aligned} F_b &= \frac{V_u}{\text{Panjang bearing} \times \text{Lebar bearing}} \\ &= \frac{121000}{400 \times 60} = 5,041 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$F_b = \frac{1,5 \times 30}{1 + \frac{2 \times 300}{400}} = 18$$

$$H = \mu \times V = 0,7 \times 121 = 84,7 \text{ Kn}$$

$$\mu' = \frac{7 \times 400 \times 350}{121000} = 8$$

Ketebalan plat siku

$$T_w = \frac{121000}{390 \times 300 \times 8} = 0,13$$

Sehingga digunakan Plat Siku **300 x 60 x 10 mm**.

$$\begin{aligned} Ah &= \frac{121000}{0,95 \times 390 \times 0,8 \times 20 \times 8} \\ &= 98,812 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga digunakan tulangan **D13 sudut 20°**.

- **Panjang Lap Splices Balok**

Menurut SNI 21.7.5.2 (a), mensyaratkan bahwa 3,25 kali panjang yang disyaratkan oleh SNI ps 21.7.5.1. Sehingga

- **Penyaluran Tulangan Kondisi Tekan**

$$\begin{aligned} 3) \quad (0,24 \times F_y / \sqrt{F_c'}) db &= (0,24 \times 390 / \sqrt{30}) 22 \\ &= \mathbf{375 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \quad (0,043 \times F_y) db &= (0,043 \times 390) 22 \\ &= 368 \text{ mm} \end{aligned}$$

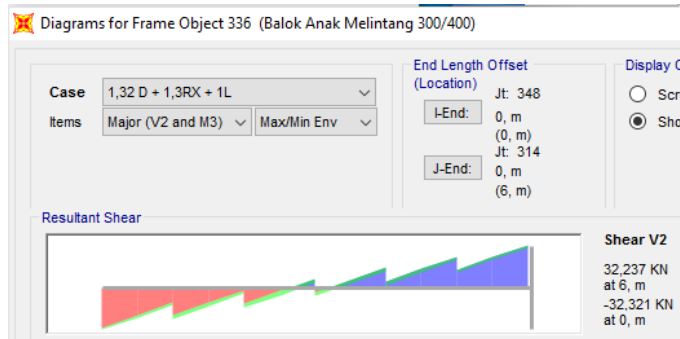
Sehingga digunakan lap splice (ldh) tulangan tekan 375 x 3,25 = 1218,75 mm ~ **1200 mm**

8.2.2 Perencanaan Konsol Pada Balok Induk

Diasumsikan balok induk berbentuk inverted T beam, di mana untuk sayap di kanan kirinya akan diasumsikan sebagai konsol. Sehingga dalam perhitungannya akan di samakan dengan perhitungan konsol pada kolom yang mengacu pada pada SNI-2847-2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek.

A. Perhitungan Konsol

Data Perencanaan



Gambar 8. 1 Gaya Geser Balok Anak

V_u (Output Sap 2000)	= 32321 N
Dimensi Balok	= 400 mm x 700 mm
Decking	= 40 mm
Tulangan lentur	= 22 mm
B_w	= 100 mm
h	= 200 mm
d	= 200 – 40 – 16 = 144 mm
F_c'	= 30 Mpa
F_y	= 390 Mpa
a	= 50 mm

• Kontrol Dimensi

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.8.4 mensyaratkan,

$$a_v < d = 50 < 444 \quad \text{OK}$$

$$Nuc < V_u = 6464,2 < 32321 \quad \text{OK}$$

Karena pada saat pengecoran menggunakan beton normal sehingga digunakan rumus sesuai SNI 2847 2013 Pasal 11.8.3.2.1

$$- V_n < 0,2 \times F_c' \times b_w \times d$$

$$43095 < 0,2 \times 30 \times 100 \times 144$$

$$43095 < 86400 \quad \text{OK}$$

$$- \quad V_n < (3,3 + 0,8) \times F_c' \times b_w \times d$$

$$43095 < (3,3 + 0,8) \times 30 \times 100 \times 144$$

$$43095 < 1771200 \quad \text{OK}$$

$$- \quad V_n < 11 \times b_w \times d$$

$$43095 < 11 \times 100 \times 144$$

$$43095 < 158400 \quad \text{OK}$$

• Menentukan Tulangan Geser Friksi

Menurut SNI 2847 2013 PS. 11.6.4.1 dan 11.8.3.2

$$A_{vf} = \frac{V_n}{F_y \times \mu} = \frac{43094,67}{390 \times 1,4} = 78,928 \text{ mm}^2$$

• Menentukan Luas Tulangan Lentur

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.8.3.3 dan 11.8.3.4

$$A_{vf} = \frac{Mu}{0,85 \times \phi \times F_y \times d} \quad \text{dan} \quad A_n = \frac{Nu}{\phi \times F_y}$$

$$\begin{aligned} Mu &= V_{ua} \times a + N_{uc} (h - d) \\ &= 32321 \times 50 + 6464,2 (200 - 144) \\ &= 1978045,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{Mu}{0,85 \times \phi \times F_y \times d} = \frac{1978045,2}{0,85 \times 0,75 \times 390 \times 144} \\ &= 348,131 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_n &= \frac{Nu}{\phi \times F_y} = \frac{6464,2}{0,75 \times 390} \\ &= 22,099 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

• Menentukan Luas Tulangan Tarik Utama

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.8.3.5

$$\begin{aligned} A_{sc} &= A_f + A_n \\ &= 55,25 + 22,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 77,349 \text{ mm}^2 \\
 \text{Asc} &= \frac{2}{3} \times Avf + An = \frac{2}{3} \times 78,9 + 22,1 \\
 &= 74,71 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- **Jumlah Tulangan**

Tabel 8. 1 As Tulangan

Jenis	Dimensi				Jumlah	As (mm ²)
	D	Diemeter		Luas/bar		
22		22		379,94	2	759,88

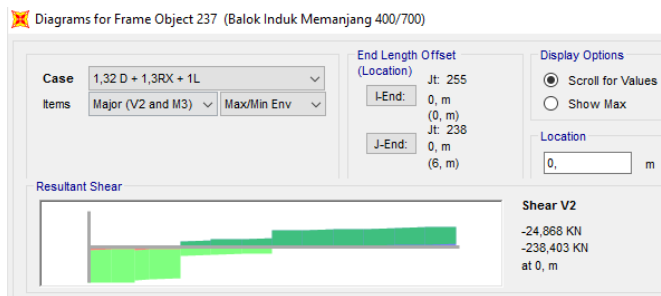
$$As > Asc = 759,88 \text{ mm}^2 > 77,349 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

8.2.3 Perencanaan Konsol Pada Kolom

Sambungan antara balok induk dan kolom dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Perencanaana konsol pada kolom mengacu pada SNI-2847-2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek.

B. Perhitungan Konsol

Data Perencanaan



Gambar 8. 2 Gaya Geser Balok Induk

$$Vu \text{ (Output Sap 2000) } = 238400 \text{ N}$$

Dimensi Balok	= 400 mm x 700 mm
Dimensi Kolom	= 600 mm x 600 mm
Decking	= 40 mm
Tulangan lentur	= 25 mm
Bw	= 350 mm
h	= 500 mm
d	= 500 – 40 – 16 = 444 mm
Fc'	= 30 Mpa
Fy	= 390 Mpa
a	= 150 mm

- **Kontrol Dimensi**

Menurut SNI 2847-2013 pasal 11.8.4 mensyaratkan,

$$a_v < d = 150 < 444 \quad \text{OK}$$

$$Nuc < V_u = 47860 < 238400 \quad \text{OK}$$

Karena pada saat pengecoran menggunakan beton normal sehingga digunakan rumus sesuai SNI 2847 2013 Pasal 11.8.3.2.1

- $V_n < 0,2 \times F_c' \times b_w \times d$
 $317867 < 0,2 \times 30 \times 350 \times 444$
 $317867 < 932400 \quad \text{OK}$
- $V_n < (3,3 + 0,8) \times F_c' \times b_w \times d$
 $317867 < (3,3 + 0,8) \times 30 \times 350 \times 444$
 $317867 < 19114200 \quad \text{OK}$
- $V_n < 11 \times b_w \times d$
 $317867 < 11 \times 350 \times 444$
 $317867 < 1709400 \quad \text{OK}$

- **Menentukan Tulangan Geser Friksi**

Menurut SNI 2847 2013 PS. 11.6.4.1 dan 11.8.3.2

$$A_{vf} = \frac{V_n}{F_y \times \mu} = \frac{317866,67}{390 \times 1,4} = 582,17 \text{ mm}^2$$

- **Menentukan Luas Tulangan Lentur**

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.8.3.3 dan 11.8.3.4

$$A_{vf} = \frac{Mu}{0,85 \times \phi \times Fy \times d} \text{ dan } A_n = \frac{Nu}{\phi \times Fy}$$

$$\begin{aligned} Mu &= V_{ua} \times a + N_{uc} (h - d) \\ &= 238400 \times 150 + 47680 (500 - 444) \\ &= 38430080 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{Mu}{0,85 \times \phi \times Fy \times d} = \frac{38430080}{0,85 \times 0,75 \times 390 \times 444} \\ &= 348,131 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_n &= \frac{Nu}{\phi \times Fy} = \frac{47680}{0,75 \times 390} \\ &= 163,00855 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- **Menentukan Luas Tulangan Tarik Utama**

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.8.3.5

$$\begin{aligned} A_{sc} &= A_f + A_n \\ &= 348,13 + 163,01 \\ &= 511,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{2}{3} \times A_{vf} + A_n = \frac{2}{3} \times 582 + 163 \\ &= 551,1234 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- **Menentukan Luas Tulangan Senggang**

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.8.4

$$\begin{aligned} A_h &= 0,5 (A_{sc} - A_n) \\ &= 0,5 (511 - 163) \\ &= 174,07 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_h = \frac{2}{3} \times d = 296$$

- **Cek Syarat SRPMK metode pracetak pasal 21.8.2**

$$V_n > 2 V_e$$

$$3620,6 > 2 \times 480,61 \text{ Kn}$$

$$3620,6 > 961,22 \text{ Kn}$$

OK

- **Jumlah Tulangan**

Tabel 8. 2 As Tulangan

$$A_{sc} = 511,14 \text{ mm}^2$$

Jenis	Dimensi				Jumlah	As (mm ²)
D	Diemeter			Luas/bar		
25	25			490,625	3	981,25

$$A_h = 174,07$$

Jenis	Dimensi				Jumlah	As (mm ²)
D	Diemeter			Luas/bar		
10	10			78,5	4	314

- **Kontrol Tarik Sambungan Coupler**

Menurut SNI 12.14.3.2 Sambungan mekanis penuh harus mengembangkan tarik atau tekan seperti disyaratkan, paling sedikit 1,25 Fy batang tulangan.

Dikethaui :

Berdasarkan brosur, Fy Coupler = 600 Mpa

Fy tulangan = 390 Mpa

Sehingga,

1,25 Fy < Fy Coupler

1,25 x 390 < 600

487,5 Mpa < 600 Mpa (OK)

BAB IX

RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

9.1 Umum

Pada rencana anggaran biaya ini, akan dihitung biaya pengerjaan balok pracetak dan konvensional, hal ini dimaksudkan untuk mencari efisiensi dari keduanya. Analisis harga yang terdapat dalam perhitungan akan dibandingkan berdasarkan HSPK Surabaya tahun 2016 (Konvensional) dan SNI 7832-2012 (Pracetak).

9.1.1 Rincian Item Pekerjaan

Dalam perhitungan pengerjaan balok pracetak, dibutuhkan beberapa item pekerjaan guna menyelesaikan pekerjaan tersebut. Berikut ini rincian item pekerjaan pengerjaan balok konvensional :

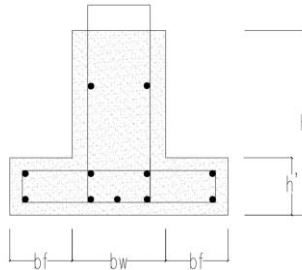
- 1) Pekerjaan Beton K-350
- 2) Pekerjaan Pembesian dengan besi beton
- 3) Pekerjaan Bekisting Balok

Berikut ini rincian item pekerjaan pengerjaan balok pracetak :

- 1) Produksi
- 2) Ereksi/Instalasi
- 3) Cor Joint/Sambungan

9.1.2 Volume Item Perkerjaan

Data Perencanaan



Gambar 9 1 Balok Induk Inverted T

- | | | | |
|--------------|---------|--------------|--------------------------|
| - Bw | = 400 | - h' | = 200 |
| - H | = 700 | - Bj Baja | = 7850 Kg/m ³ |
| - Bf | = 100 | - Decking | = 40 mm |
| - Tul Lentur | = 25 mm | - Tul. Geser | = 13 mm |

Perhitungan

- **Volume Balok Induk**

$$V = 400 \times 700 \times 100 \times 200 = 2,66 \text{ m}^3$$

- **Panjang Tulangan**

Tulangan Geser

- Tul.Geser = $[2 \times ((100+400+100)-2(40))] + [2 \times ((200-2(40))] + [2 \times (400-2(40))] + [2 \times (500 - 40)]$
 $= 2840 \text{ mm}$
- Kait = 300
- Jumlah Tul geser di daerah Sendi plastis
 $= 2,8/0,1 = 28 \text{ Buah}$
- Jumlah Tul. Geser di daerah lainnya
 $= 4,6/0,15 = 31 \text{ Buah}$
- Panjang Total = $(28+31) \times 2840 \text{ mm} = 166613 \text{ mm}$
- Berat Tulangan = $166,613 \times ((1/4) \times 3,14 \times 13^2) \times 7850$

Instalasi				
Macam	Sat.	Koef.	Harga	Total
Ereksi	bh	1	207003	207003
Langsir	bh	1	54418,5	54418,5
Total				261421,5

Joint/Sambungan				
Macam	Sat.	Koef.	Harga	Total
Mix Grouting	m3	0,0705	3006666,67	211970
Upah Grouting	bh	1	30697	30697
Bekisting Joint	titik	1	62272	62272
Upah Sambungan	titik	1	26455	26455
Total				331394

Harga satuan yang menjadi acuan dalam perhitungan di bawah ini berdasarkan HSPK Surabaya 2016.

Tabel 9. 2 HSPK Item Pekerjaan (Surabaya 2016)

No.	Uraian Pekerjaan	Koef	Sat	Harga Sat (Rp,-)	Jmlh Harga (Rp,-)
I	Pek. Beton K-35		m³		
a	Tenaga Kerja				
-	Mandor	0,105	O.H	158000	16590
-	Ka. Tukang Batu	0,035	O.H	148000	5180
-	Tukang Batu	0,35	O.H	121000	42350
-	Pemb. Tukang	2,1	O.H	110000	231000
b	Material				
-	Semen PC 40 Kg	11,2	Zak	60700	679840
-	Pasir Cor	0,4568	m ³	243000	111002,4
-	Batu Pecah	0,5263	m ³	487900	256781,77
-	Air	215	Liter	28	6020
Nilai HSPK					1348764,17
II	Pemb. Beton		Kg		
a	Tenaga Kerja				
-	Mandor	0,0004	O.H	158000	63,2
-	Ka. Tukang Besi	0,0007	O.H	148000	103,6
-	Tukang Besi	0,007	O.H	121000	847
-	Pemb. Tukang	0,007	O.H	110000	770
b	Material				
-	Besi beton polos	1,05	Kg	12500	13125
-	Kawat beton	0,015	Kg	25500	382,5
Nilai HSPK					15291,3
III	Pek. Bekisting		m²		
a	Tenaga Kerja				
-	Mandor	0,033		158000	5214
-	Ka. Tukang Kayu	0,033		148000	4884
-	Tukang Kayu	0,33		121000	39930
-	Pemb. Tukang	0,66		110000	72600
b	Material				
-	Paku Usuk	0,4	O.H	19800	7920
-	Plywood	0,35	O.H	121400	42490
-	Kayu Meranti	0,04	O.H	3350400	134016
-	Balok 4/6	0,018	O.H	4711500	84807
-	Minyak Beks.	0,2	O.H	29600	5920
Nilai HSPK					397781

9.1.4 RAB Item Pekerjaan

Tabel di bawah ini merupakan hasil perhitungan akhir RAB dalam pembuatan satu buah balok dengan panjang 7.7 m.

Tabel 9. 3 RAB Pengerjaan Balok Induk Konvensional

No.	Uraian Pekerjaan	Kebutuhan	Sat	H.Satuan (Rp,-)	Harga (Rp,-)
1	Pek. Beon K-350	2,66	m ³	1348764,2	3587712,7
2	Pembesian	486	Kg	15291,3	7431571,8
3	Bekisting Beton	12	m ²	397781	4773372
JUMLAH					15792656

Tabel 9. 4 RAB Pengerjaan Balok Induk Pracetak

No.	Uraian Pekerjaan	Kebutuhan	Sat	H.Satuan (Rp,-)	Harga (Rp,-)
I	Produksi Balok				
	Beton K-350	2,66	m3	130500	347130
	Upah tuang beton	1	bh	35230	35230
	Besi Tulangan	486	Kg	37372,3	18162938
	Bekisting Balok	12	m2	41765,22	501182,64
	Buka Pasang Beks	1	bh	6675	6675
II	Instalasi				
	Ereksi Balok	1	bh	207003	207003
	Langsir Balok	1	bh	54418,5	54418,5
III	Joint				
	Mix Grouting	0,028	m3	211970	5935,16
	Upah Grouting	1	bh	30697	30697
	Bekisting Joint	2	titik	62272	124544
	Upah Sambungan	2	titik	26455	52910
Total				19528663,1	

Jumlah kebutuhan dalam pembuatan balok sepanjang 7,4 m dibutuhkan biaya sebesar Rp 15.792.656 untuk konvensional sedangkan untuk pembuatan balok induk pracetak membutuhkan biaya Rp 19.528.663. Sehingga efisiensi RAB Balok induk konvensional dengan pracetak yaitu 19,13 %.

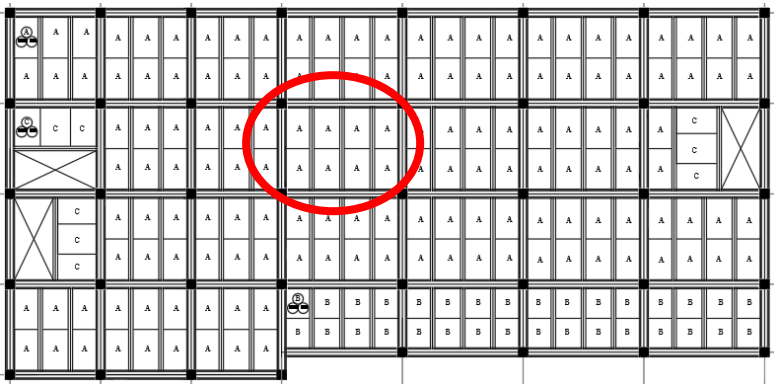
“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB X

METODE PELAKSANAAN

10.1 Umum

Metode pelaksanaan dalam sebuah pekerjaan konstruksi adalah salah satu hal yang paling vital, dengan adanya metode pelaksanaan, maka pekerjaan yang akan dikerjakan menjadi jelas dan arah. Pada tugas akhir ini akan di jabarkan alur pengerjaan section A. Lihat gambar 10.1 :

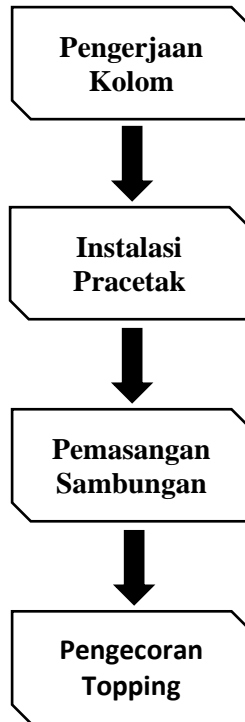


Gambar 10. 1 Metpel section A

Dalam pelaksanaan metode pelaksanaan section A, akan terbagi menjadi beberapa alur. Secara garis besar alur tersebut, meliputi :

1. Pengerjaan Kolom : Penulangan, Beksiting, Pengecoran
2. Instalasi Elemen Pracetak : Pemasangan balok anak pracetak, balok induk pracetak dan plat pracetak

3. Pemasangan sambungan : sambungan plat-plat, balok anak-balok induk, balok induk-kolom.
4. Pengecoran topping : Bekisting & cor

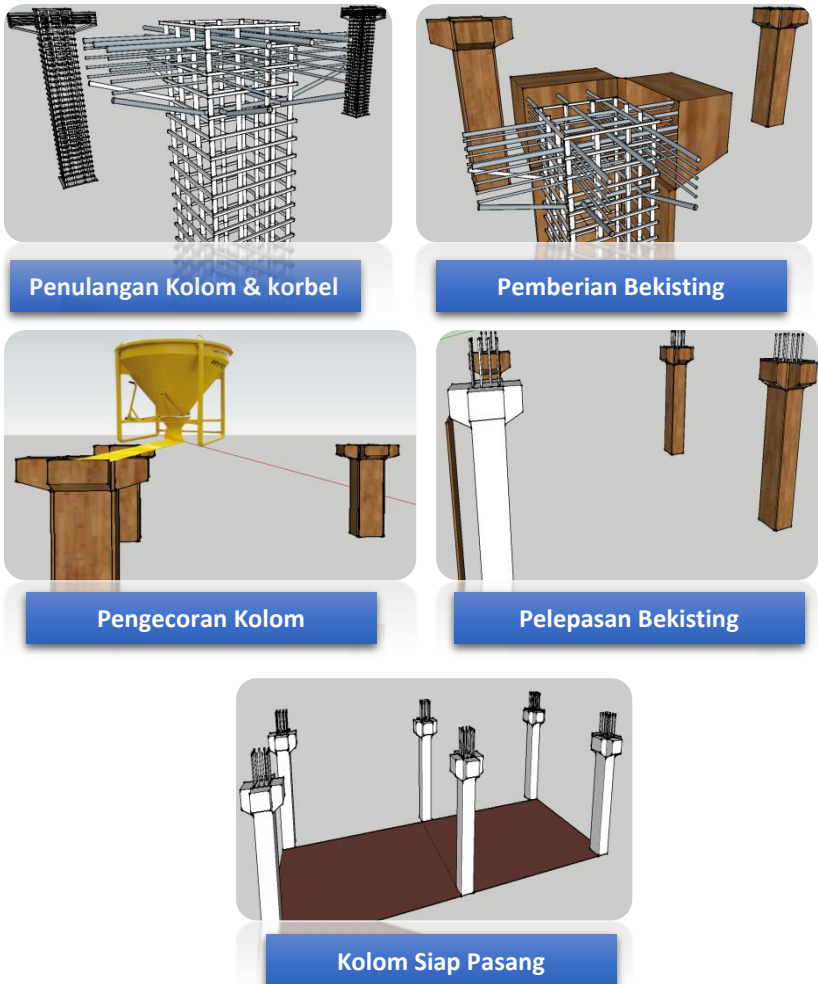


Gambar 10. 2 Alur Metode Pelaksanaan Section A

10.2 Metode Pelaksanaan Section A

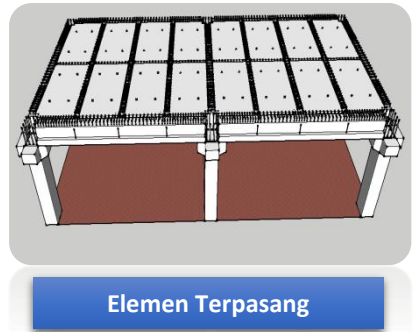
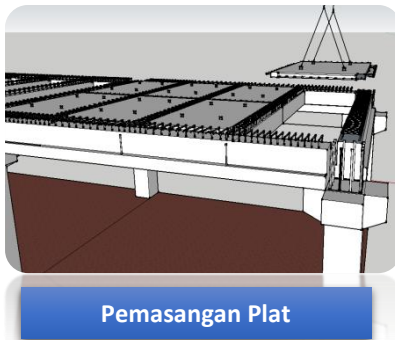
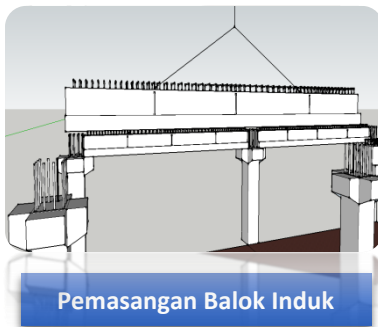
Dalam metode pelaksanaanya akan dijelaskan melalui beberapa gambar sebagai alat bantu sebagai berikut :

1. Pengerjaan Kolom



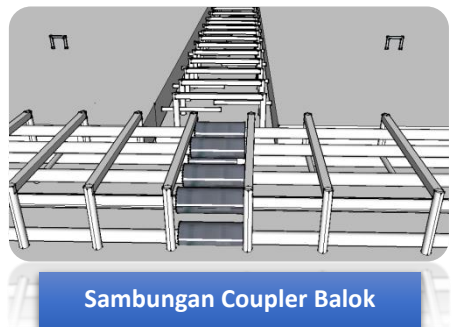
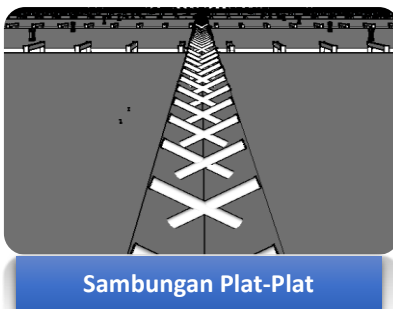
Gambar 10. 3 Pengerjaan Kolom

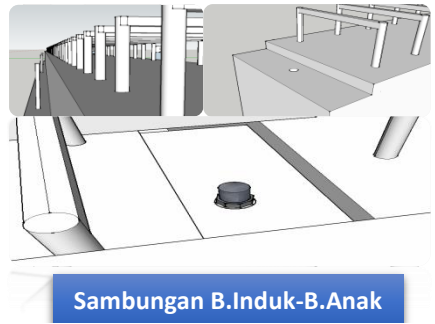
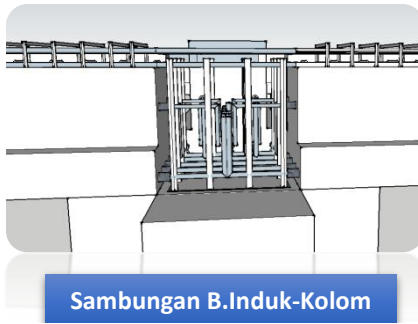
2. Instalasi Elemen



Gambar 10. 4 Instalasi Elemen

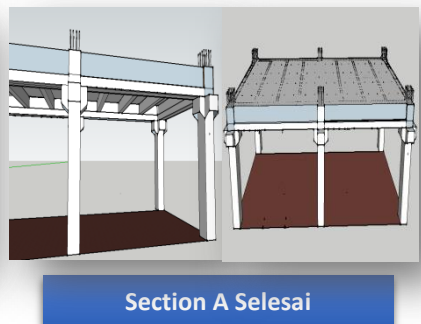
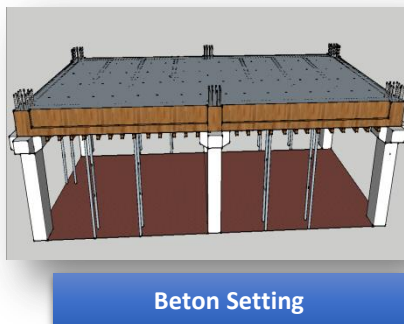
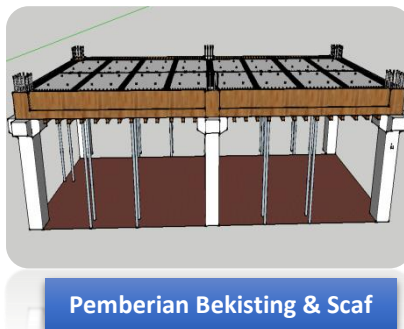
3. Pemasangan Sambungan





Gambar 10. 5 Pemasangan Sambungan

4. Pengecoran Topping



Gambar 10. 6 Pengecoran Topping

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB XI

PENUTUP

11.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan tugas akhir terapan dengan judul “ Desain Modifikasi Rumah Sakit Kidney Centre Menggunakan Metode Pracetak “, ada beberapa poin kesimpulan diantaranya sebagai berikut :

1. Dasar perancangan struktur secara umum mengacu kepada 2 peraturan yaitu SNI-2847-2013 “ Persyaratan Beton Struktural Pada Bangunan Gedung “ & SNI-7833-2012 “ Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Prategang Untuk Bangunan “. Adapun hasil modifikasi elemen struktur sebagai berikut :
 - a. Struktur Sekunder
 - Dimensi Balok Anak = 30/40 cm
 - Dimensi Balok Bordes = 30/40 cm
 - Dimensi Balok Lift = 30/40 cm
 - Tebal Plat = 140 mm
 - b. Struktur Primer
 - Dimensi Balok Induk = 40/70 cm
 - Dimensi Kolom = 60/60 cm
2. Penyambungan tiap elemen struktur disambung menggunakan sambungan basah dan konsol pendek pada sambungan balok dan kolom. Untuk elemen plat-plat menggunakan sambungan *lap splices*, sedangkan sambungan balok anak – balok induk menggunakan angkur.
3. Analisis perhitungan RAB pracetak dan konvensional didapatkan hasil, bahwa selisih harga yang didapat dari pengerjaan keduanya sebesar 19,13 %. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengerjaan pracetak lebih mahal di banding pengerjaan konvensional

11.2 Saran

Dari hasil analisa selama proses pengerjaan tugas akhir ini, ada beberapa saran yang dapat disampaikan antara lain :

1. Dalam perencanaan metode pracetak pada gedung rumah sakit 8 lantai yang masuk kategori resiko D (gempa tinggi) perencanaan SRPMK, desain sambungan pracetak menjadi salah satu hal yang menjadi tinjauan khusus. Menggunakan sambungan menerus pada joint balok kolom serta coupler untuk sambungan menkani, dapat menjadi salah satu pilihan tepat untuk memenuhi syarat sambungan SRPMK.
2. Dalam pengerjaan tugas akhir terapan ini digunakan balok inverted T beam sebagai balok induk. Sayap pada inverted T-Beam digunakan sebagai penumpu balok anak pracetak. Namun, dapat juga digunakan balok induk kotak dengan kosol setempat sebagai penumpu balok anak. Hal ini dapat dipilih untuk menekan anggaran biaya pembuatan.
3. Dalam pelaksanaan menggunakan metode pracetak ada beberapa hal yang harus diketahui antara lain, pada saat pengangkatan elemen pracetak. Perlu diperhatikan fci' (kuat tekan betonnya). Dan pada saat pengecoran perlu dikontrol dan dilihat apakah elemen pracetak nantinya akan melendut atau tidak, apabila melendut maka ditambahkan scaffolding sebagai penguatnya.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan (SNI 2847 : 2013).

Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 : 2012).

Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727 : 2013).

Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung (SNI 7833 : 2012).

Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak untuk Konstruksi Bangunan Gedung (SNI 7832 : 2012).

Wulfram I. Ervianto. 2006. Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Cetak dan Bekisting. Yogyakarta : Andi Yogyakarta.

Iswandi Imran dan Fajar Hendrik. 2014. Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang. Bandung : ITB.

PCI. 2004. PCI Design Handbook Edition 7th Precast and Prestress Concrete.

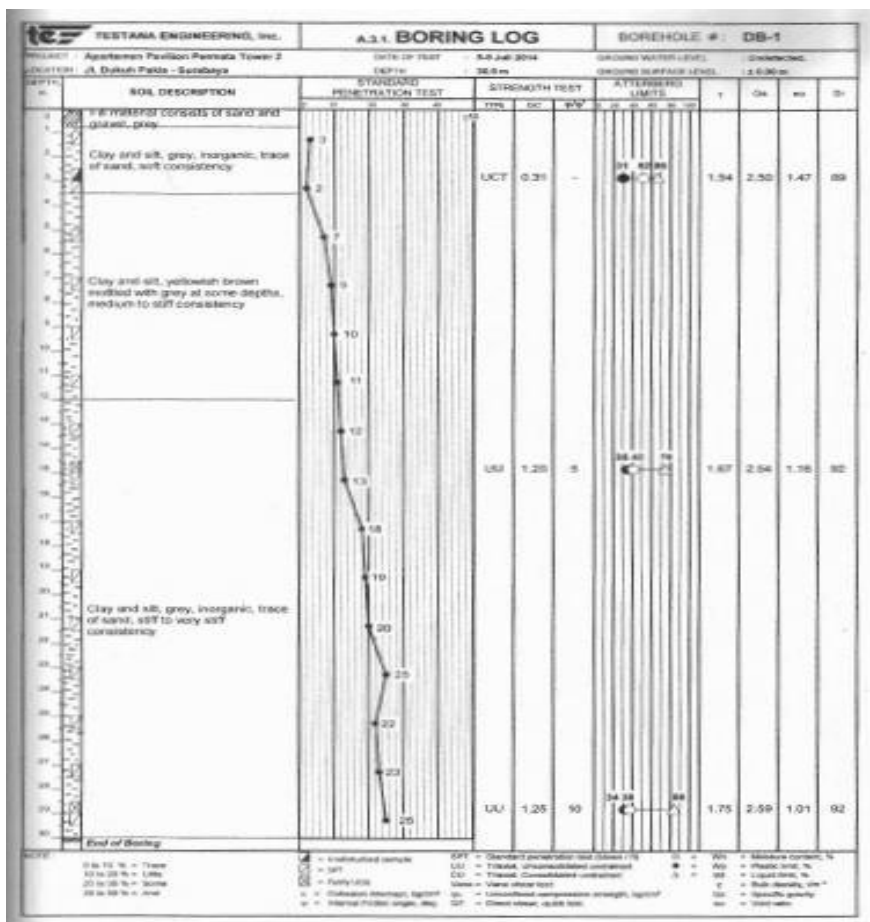
Robert E. Englekirk. 2003. *Seismic Design of Reinforced and Precast Concrete Buidlings.*

Kim. S Elliott dan Colin Jolly. 2013. *Multi-storey Precast Concrete Framed structures.* Willey-Blackwell

Kim. S Elliot. 2002. *Precast Concrete structures.*

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

LAMPIRAN



“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Darda Abdurahman Faizi, lahir di Sragen 18 Juni 1995, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Islam Raflesia Depok, SDN Tugu 3 Depok, SMP 258 Jakarta, dan SMA 39 Jakarta. Setelah lulus, penulis melanjutkan pendidikan di Program D4 Teknik Infrastruktur Sipil ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) Surabaya dan terdaftar dengan NRP 3113041068. Selama menempuh pogram studi D4 Teknik Infrastruktur Sipil, penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan jurusan maupun institut yang diselenggarakan oleh ITS.